

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Visualização de Dados Oceanográficos Espácio-Temporais Multivariáveis em Dispositivos Móveis

Rui Filipe Correia Gomes



Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Orientador: Prof. Doutor Alexandre Valle de Carvalho

Coorientador: Prof. Dr. Marco Amaro Oliveira

julho de 2014

© Rui Gomes, 2014

Visualização de Dados Oceanográficos Espaço-Temporais Multivariáveis em Dispositivos Móveis

Rui Filipe Correia Gomes

Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Aprovado em provas públicas pelo Júri:

Presidente: Maria Cristina de Carvalho Alves Ribeiro (Prof. Doutora)

Vogal Externo: Paulo Miguel de Jesus Dias (Prof. Doutor)

Orientador: Alexandre Miguel Barbosa Valle de Carvalho (Prof. Doutor)

16 de julho de 2014

Resumo

Na atualidade, os dispositivos móveis, como os *smartphones* e *tablets*, têm sido alvo de um forte crescimento e expansão. Contribuíram para este fenómeno, o alargamento das redes de banda larga e o aumento da velocidade de transferência de dados, bem como o acesso à informação livre a informação disponível através da Internet. Um dos exemplos desta expansão encontra-se no domínio da oceanografia operacional, onde os dispositivos móveis estão a tornar-se numa ferramenta importante de acesso e consulta ubíqua e atualizada dos produtos desta área. Uma importante fonte de dados são os observatórios oceanográficos, que assumem um papel importante na integração e disponibilização em formatos normalizados, livres e abertos de informação produzida e capturada por diversas instituições. O volume de dados, a combinação de diferentes níveis de informação complexa, com natureza espaço-temporal e a dimensão reduzida do espaço de representação, tornam a visualização de dados de oceanografia operacional em dispositivos móveis, um desafio.

O presente trabalho incide sobre o problema da visualização de dados oceanográficos multivariáveis de natureza espaço-temporal, em dispositivos móveis, e propõe uma solução inovadora de visualização de informação, através da combinação de diferentes técnicas de visualização científica, que exploram propriedades gráficas, tais como fluxos, cor e símbolos. O público-alvo desta visualização destina-se aos praticantes de desportos náuticos. A metodologia presente neste trabalho aposta na concepção e prototipagem funcional, seguida da realização de questionários, preenchidos por especialistas da área e por utilizadores finais, para avaliar a solução proposta.

Os resultados obtidos da avaliação da visualização proposta neste trabalho, indicam que a solução apresenta altos índices de eficácia e intuitividade quanto à percepção individual e global das variáveis representadas, criando assim uma forma de representação eficiente e eficaz que facilita a extração e assimilação de conhecimento.

Foi submetido um artigo científico para as 3.^{as} *Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, realizadas pelo Instituto Hidrográfico, que foi aceite, publicado e apresentado sob a forma de poster.

Abstract

Nowadays, mobile devices such as smartphones and tablets, have been growing strong and experiencing great expansion. The amplification of broadband networks and the increased speed of data transfer, as well as access to free information the information available through the Internet, have contributed to this phenomenon. One example of this diffusion, is in the field of operational oceanography, where mobile devices are becoming an important tool for ubiquitous query and access to updated products of this area. Oceanographic observatories are an important source of data and play an important role in the integration and availability of standard, free and open information, produced and captured, by various institutions. The volume of data, the combination of different levels of complex information of spatio-temporal nature and the small size of the representation space, makes the visualization of data from operational oceanography on mobile devices, a challenge.

This work focuses on the problem of visualization of spatio-temporal multivariate oceanographic data on mobile devices, and proposes an innovative information visualization solution, by combining different techniques of scientific visualization, exploiting graphical properties such as streamlines, color and symbols. The target audience for this visualization is the nautical sports practitioners. The used methodology focuses on designing and functional prototyping, followed up by questionnaires to experts in the field and end users to evaluate the created solution.

The evaluation results of the proposed visualization in this work, shows that the solution has high levels of effectiveness and perception regarding the represented variables, thus creating an efficient and effective visualization that enables the extraction of knowledge and easy interpretation.

A paper was submitted to the 3.^{as} *Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, held by Instituto Hidrográfico, which was accepted, published and presented as a poster.

Agradecimentos

Gostaria de expressar a minha gratidão aos meus orientadores, Prof. Doutor Alexandre Valle de Carvalho e Prof. Dr. Marco Amaro Oliveira, pelo tempo, pela sabedoria e pela confiança depositada em mim. Foi uma experiência enriquecedora poder aprender com eles e presenciar toda a dedicação e empenho que mostraram ao longo desta dissertação.

Agradeço também, à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pela formação académica dada ao longo destes últimos cinco anos. Agradeço ao Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto, pelas instalações e recursos disponibilizados, assim como ao Instituto Hidrográfico, pela colaboração que possibilitou a realização desta dissertação.

Queria por fim agradecer aos meus pais e ao meu irmão, à minha família, à minha namorada e aos meus amigos, pelo apoio incondicional mostrado, pela força e motivação que deram e pelas experiências que com eles vivi ao longo destes anos. Obrigado por tudo.

Rui Gomes

*“Knowing is not enough, we must apply.
Willing is not enough, we must do.”*

Bruce Lee

Conteúdo

1	Introdução.....	1
1.1	Motivação.....	1
1.2	Problema.....	2
1.3	Objetivos	2
1.4	Hipótese.....	3
1.5	Estrutura do Documento.....	5
2	Revisão Bibliográfica	7
2.1	Estudo das Técnicas da Oceanografia Operacional.....	7
2.2	Aplicações Móveis de Previsão de Condições Meteorológicas e Oceanográficas	16
2.3	Processamento Visual Pré-Atentivo	18
2.4	Visualização de Informação em Dispositivos Móveis	21
2.5	Sumário	22
3	Protótipo.....	25
3.1	Sistema Operativo Móvel.....	25
3.2	Desenvolvimento Gráfico.....	26
3.3	Solução de Representação	28
3.4	Sumário	40
4	Avaliação.....	43
4.1	Visão Geral.....	43
4.2	Público-alvo.....	44
4.3	Cenários de Teste	44
4.4	Experiências e Resultados	49
4.5	Discussão de Resultados	54
4.6	Sumário	57
	Conclusão.....	59
5.1	Conclusões	59

5.2 Trabalho Futuro	61
Anexo A: Questionário.....	63
Anexo B: Artigo Submetido	71
Anexo C: Poster	72
Referências.....	79

Lista de Figuras

Figura 1.1 : Ilustração da hipótese proposta, uma combinação de diferentes representações de fluxo, cor e símbolos.....	3
Figura 1.2 : Visualização proposta com a combinação de fluxo, cor e símbolos, para representação do vento, temperatura e ondas respetivamente. Apresentação de detalhe pontual de informação em texto	5
Figura 2.1 : Mapa com previsão de velocidades e direcções de ventos sobre a Austrália [Met14].....	9
Figura 2.2 : <i>Wind barbs</i> , uma representação standard do vento na meteorologia e oceanografia [WP12].....	9
Figura 2.3 : Mapa de previsão de condições meteorológicas na costa do Porto. Os <i>wind barbs</i> representam o vento, as flechas brancas representam a direcção das ondas e as cores significam diferentes alturas de onda [Por14].....	10
Figura 2.4 : Mapa de ventos usando a técnica de fluxos [Bec14b].....	12
Figura 2.5 : Representação de um ciclone através do método de <i>wind barbs</i> [PW13].....	12
Figura 2.6 : Mapa do mundo com visualização da temperatura à superfície da água [Sci14]	14
Figura 2.7 : Exemplo duas tarefas de deteção: (a) o alvo consegue ser detetado pré-atentivamente pois possui uma característica única; (b) o alvo não pode ser detetado pré-atentivamente pois não tem uma característica visual que o separe dos distratores [HBE96].....	19
Figura 2.8 : Lista de atributos pré-atentivos [Few04]	20
Figura 3.1 : Exemplo de ficheiro de dados disponibilizado pelo IH.....	29
Figura 3.2 : Mapa da costa do Porto com grelha de dados, de resolução 15x9.....	30
Figura 3.3 : Os pontos com dados são os pontos vermelhos Q_{xy} e o ponto que se pretende interpolar é o ponto verde P . Os pontos azuis são pontos de interpolação intermédia [YLS10].....	31
Figura 3.4 : Desenho animado de partículas de vento ponto a ponto, sem efeito de fluxo com rasto.....	33
Figura 3.5 : Desenho animado de partículas, sem limpeza dos últimos <i>frames</i>	34

Figura 3.6 : Exemplo de visualização das partículas de vento com velocidade média de 3.16 m/s. Opacidade das partículas a 55%	35
Figura 3.7 : Exemplo de visualização das partículas de vento com velocidade média de 15.8 m/s. Opacidade das partículas a 80%	36
Figura 3.8 : Escala de valores do protótipo para a altura da onda e velocidade do vento	37
Figura 3.9 : Representação da visualização proposta, com ondas definidas pelos símbolos, vento representado através de fluxos animados e altura da onda representada pelo mapa de cores	37
Figura 3.10 : Visualização proposta com apresentação de barra lateral com informação em detalhe para o ponto geográfico selecionado	39
Figura 3.11 : Janela com alteração da data de visualização	39
Figura 3.12 : Menu de opções do protótipo	40
Figura 4.1 : Visualização de dado oceanográficos reais segundo a estratégia proposta e a estratégia clássica, respetivamente	45
Figura 4.2 : Visualização do conjunto de dados fictício criado para o segundo cenário de teste, através da estratégia proposta e da estratégia clássica, respetivamente	46
Figura 4.3 : Fluxos de vento na costa de Portugal, segundo a visualização de Beccario [Bec14c]	47
Figura 4.4 : Visualização do conjunto de dados fictício criado para o terceiro cenário de teste, segundo a estratégia proposta e a estratégia clássica, respetivamente	48
Figura 4.5 : Visualização de fluxos animados de vento na zona do Atlântico Norte, segundo o método de Beccario [Bec14d]	49

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 : Características de técnicas de visualização de dados oceanográficos	16
Tabela 4.1 : Avaliação dos elementos do IH às estratégias de visualização no Cenário de Teste 1.	50
Tabela 4.2 : Avaliação dos elementos do IH às estratégias de visualização no Cenário de Teste 2	51
Tabela 4.3 : Avaliação dos elementos do IH às estratégias de visualização no Cenário de Teste 3	52
Tabela 4.4 : Avaliação dos estudantes da FEUP às estratégias de visualização, no Cenário de Teste 1.....	52
Tabela 4.5 : Avaliação dos estudantes da FEUP às estratégias de visualização, no Cenário de Teste 2.....	53
Tabela 4.6 : Avaliação dos estudantes da FEUP às estratégias de visualização, no Cenário de Teste 3.....	54
Tabela 4.7 : Demonstração das médias globais desempenho das estratégias para cada cenário de teste	54

Abreviaturas e Símbolos

API	<i>Application Programming Interface</i>
GPU	<i>Graphics Processing Unit</i>
IH	Instituto Hidrográfico
OpenGL ES	<i>Open Graphics Library for Embedded Systems</i>
SO	Sistema Operativo
SWAN	<i>Simulating Waves Nearshore</i>
UI	<i>User Interface</i>
WGS84	<i>World Geodetic System 84</i>
WWW3	<i>Wave Watch III</i>

Capítulo 1

Introdução

O presente capítulo introduz o tema abordado nesta dissertação. Na secção [1.1](#) descreve-se a motivação e o contexto em que este trabalho se insere. A secção [1.2](#) ilustra o problema principal e a necessidade de encontrar soluções para o mesmo. A secção [1.3](#) apresenta os objetivos pelo qual a solução proposta se deve guiar. A secção [1.4](#) apresenta a hipótese formulada, como solução ao problema previamente definido. Finalmente, a secção [1.5](#) descreve a estrutura pela qual este documento se rege.

1.1 Motivação

Com o crescimento e a forte expansão de dispositivos móveis como os *smartphones* e *tablets* [[Gar13](#)], aliado à expansão das redes de banda larga móvel e aumento das suas velocidades de transferência de dados, o acesso à informação torna-se cada vez mais simples e ubíquo. Em paralelo, nos últimos anos, assistiu-se a um aumento significativo do volume e complexidade de informação que está acessível. A necessidade de representação e visualização de informação, que anteriormente apenas era acessível através de dispositivos como o computador, aumenta de acordo com este crescimento de dispositivos móveis. Contudo, a consulta e visualização de grandes volumes de informação em dispositivos móveis, torna-se um desafio, devido às limitações e restrições inerentes a estes dispositivos, onde se destaca os ecrãs de dimensão reduzida e as suas capacidades de processamento e armazenamento inferiores. Surge então, a necessidade de representar informação, que esteja adaptada às condições dos mesmos.

Na atualidade, diferentes observatórios oceanográficos, integram a informação científica (observada e produzida por diferentes instituições) e disponibilizam os meios para o acesso livre a esses dados, de oceanografia operacional, em formatos abertos e normalizados. O resultado

Introdução

destes produtos de oceanografia operacional, apresenta frequentemente, uma grande quantidade de dados complexos, devido à multiplicidade de variáveis com natureza espaço-temporal, que os constituem.

Esta tese surge no âmbito do estudo de uma solução de visualização de informação científica, relativa a dados provenientes da área da oceanografia operacional, para dispositivos móveis. Esta solução de visualização de informação, incide na necessidade de representar resultados provenientes de modelos de previsão de condições meteorológicas, como a formação e evolução de ondas e ventos ao longo do espaço e do tempo, e que por sua vez, possibilite ao utilizador uma visualização integrada dos dados, possibilitando uma leitura simples e eficaz da informação apresentada.

1.2 Problema

Como apresentado na secção anterior, existe a necessidade de estudar uma solução de visualização de dados oceanográficos para dispositivos móveis. No entanto, existe um problema quanto à conceptualização dessa mesma visualização, pois a representação de informação num dispositivo móvel é severamente limitada pelas restrições que o mesmo apresenta, fundamentalmente devido à área de ecrã ser consideravelmente pequena. Além disso, na previsão de condições meteorológicas e oceanográficas, o volume de dados gerado é enorme, devido à multiplicidade de variáveis existentes e da sua relação temporal, onde os dados que são visualizados resultam de uma aplicação complexa de modelos matemáticos existentes no domínio da oceanografia operacional para essas mesmas previsões. Aliado ao facto dos dados se relacionarem espacialmente e temporalmente, é frequentemente necessário uma visualização integrada destes conjuntos de dados, no sentido de maximizar a extração de conhecimento. Pode-se portanto observar, que o principal problema é a concepção de um método de visualização de informação, que represente resultados da oceanografia operacional em dispositivos móveis tendo em conta as suas limitações e ao mesmo tempo facilite a interpretação desses resultados. O método de visualização deve portanto manter o objetivo de maximizar a extração de informação de um grande volume de dados, complexos e multivariáveis, como os presentes no domínio da oceanografia operacional.

1.3 Objetivos

O trabalho proposto, de estudo de uma forma inovadora de visualização de informação oceanográfica em dispositivos móveis, sustenta-se na orientação pelos seguintes objectivos definidos:

- Concepção de uma solução de visualização de dados oceanográficos espaço-temporais multivariáveis adaptada às limitações inerentes dos dispositivos móveis; A solução de visualização tem como objectivos específicos:
 - devido à sua forte relação espacial e temporal, assim como a limitação da área de representação, integrar vários níveis de dados;
 - representar um enorme volume de informação, mantendo e até facilitando a interpretação dessa mesma informação, maximizando portanto a sua eficiência na representação de dados e eficácia na assimilação de conhecimento;
 - ser intuitivo para o público-alvo;
 - ser um método de visualização de referência para aplicações móveis que necessitam de visualizar dados oceanográficos espaço-temporais multivariáveis.

1.4 Hipótese

De modo a poder responder à necessidade de criação de uma visualização integrada de dados oceanográficos espaço-temporais multivariáveis num dispositivo móvel considera-se que a integração das representações visuais de temas de oceanografia operacional apresentados na Figura 1.1 pode contribuir para uma extracção de conhecimento mais eficiente sobre direcção e intensidade do vento, temperatura da água, altura e direcção das ondas. Permite ainda a identificação de padrões e correlações entre as variáveis representadas visualmente.

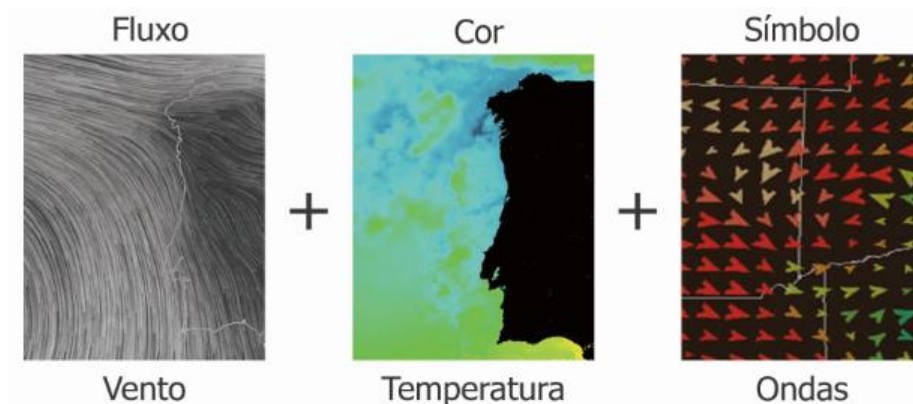


Figura 1.1: Ilustração da hipótese proposta, uma combinação de diferentes representações de fluxo, cor e símbolos.

Na ilustração da Figura 1.1 é possível observar os três tipos de representações que são combinadas para criar a visualização integrada presente na Figura 1.2. Com o estudo do estado

Introdução

da arte em relação às técnicas de visualização *standard* usadas no domínio da Oceanografia Operacional, aliado ao estudo de métodos de visualização de informação e do processamento visual pré-atentivo, foi possível chegar à representação em questão.

Com vista a integrar estes dados oceanográficos espaço-temporais multivariáveis, utilizou-se a combinação de fluxo, cor e símbolos. O fluxo, está associado à representação do vento, tanto na sua intensidade como direção, onde o efeito é conseguido através do recurso a fluxos de vento com animação, de maneira a fornecer movimento ao fluxo. No entanto, o uso de fluxos animados pode ser também usado para a representação de outras variáveis espaço-temporais similares, como por exemplo, as correntes marítimas.

Com o uso da cor, é possível representar qualquer tipo de grandeza escalar, que esteja associada à água, como a temperatura à superfície da água. Através do uso de um mapa de cores com uma escala própria associada, é possível não só quantificar o valor da temperatura num dado ponto, como transmitir intuitivamente e imediatamente, através das qualidades pré-atentivas do processamento da cor, os locais mais quentes ou frios ao observador.

Para a representação das ondas, tanto na sua direção como altura, tendo em conta que no método de visualização utilizado pelo IH [Por14] essa variável era representada pelo mapa de cores, foi necessário reformular a sua visualização, passando a ser representada por símbolos. Qualquer tipo de variável que necessite de expressar uma direção e intensidade, pode ser representada com o uso destes símbolos. Através do aumento ou diminuição do tamanho do símbolo, consegue-se expressar respectivamente, uma maior ou menor grandeza escalar da variável em questão. Através da forma triangular, é possível também, representar direcionalidade.

A combinação destas três formas de representação (fluxos, cor e símbolos) pode ser observada então na Figura 1.2. Pode-se observar que esta representação de variáveis, com uma correta aplicação de cores e transparência consegue coexistir entre si.

Para manter a necessidade de quantificação da informação visualizada, além da apresentação de escalas, a visualização possibilita o toque em qualquer ponto do mapa, que apresenta uma barra lateral de informação em detalhe para esse mesmo ponto geográfico, conforme se observa na Figura 1.2.

Com a conjunção das técnicas de visualização, aliado à da interação com o mapa para obtenção da informação em detalhe, a hipótese proposta neste trabalho, afirma que esta estratégia de visualização de dados oceanográficos multivariáveis espaço-temporais é intuitiva para o utilizador final, assim como apresenta uma extração rápida e eficaz de informação.

Introdução

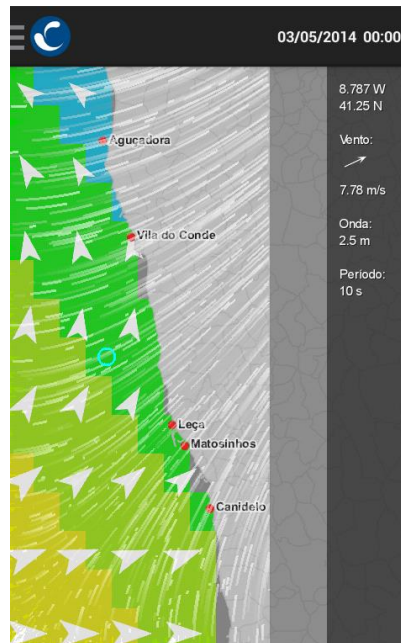


Figura 1.2: Visualização proposta com a combinação de fluxo, cor e símbolos, para representação do vento, temperatura e ondas respetivamente. Apresentação de detalhe pontual de informação em texto.

A hipótese presente neste trabalho, defende ainda que a aplicação de métodos de visualização de dados multivariáveis espaço-temporais e de métodos de cognição visual pré-atentiva podem permitir uma maior acumulação de informação para uma área de representação visual limitada, como a dos dispositivos móveis, mantendo na mesma uma extração eficaz e intuitiva do conhecimento.

1.5 Estrutura do Documento

Para além da introdução, este relatório contém mais 4 capítulos e anexos. No capítulo [2](#), é abordado o estado da arte dos campos mais relevantes para o contexto do problema. Este capítulo, por sua vez, encontra-se subdividido em cinco secções principais: técnicas *standard* da oceanografia operacional, aplicações móveis de previsão de condições meteorológicas e oceanográficas, processamento visual pré-atentivo, visualização de informação em dispositivos móveis e por fim as conclusões retiradas deste capítulo. O capítulo [3](#) incide nos detalhes de implementação e desenvolvimento do protótipo de avaliação da solução construído. O capítulo [4](#) contém a estruturação dos testes e experiências realizadas, explicitando os diferentes cenários e ambientes onde estes se realizam. Adicionalmente, este capítulo contém a discussão dos resultados finais obtidos e as suas conclusões. Por fim, o capítulo [5](#) descreve em síntese as

Introdução

principais ilações e conclusões retiradas de todo o trabalho realizado. Define-se as contribuições dadas e dá-se espaço para discutir possível trabalho futuro.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Este capítulo descreve a pesquisa efetuada e trabalhos relevantes para o contexto do problema. A secção [2.1](#) contém uma demonstração geral das técnicas *standard* utilizadas na área da Oceanografia Operacional para a representação do vento, temperatura à superfície do mar, altura das ondas e correntes marítimas. Na secção [2.2](#) realiza-se um estudo do estado da arte em relação às aplicações móveis existentes para a previsão de condições meteorológicas e oceanográficas. A secção [2.3](#) aborda o tema de processamento visual pré-atentivo, uma área de estudo que se foca na utilização e das capacidades cognitivas humanas em prol de uma otimização em métodos de visualização. A secção [2.4](#) aborda a temática de visualização de informação, realizando uma descrição sobre a sua finalidade, apresentando diferentes técnicas de visualização de dados espaço-temporais multivariáveis, assim como se aborda e define visualizações em dispositivos móveis, devido às suas características únicas. Por fim, na secção [2.5](#) são apresentadas as conclusões que se podem retirar da revisão bibliográfica efetuada em relação ao trabalho a desenvolver nesta dissertação.

2.1 Estudo das Técnicas da Oceanografia Operacional

Tendo em conta a necessidade de criar e propôr uma nova forma de visualização de dados oceanográficos espaço-temporais multivariáveis, foi inicialmente realizada uma pesquisa e estudo das técnicas de representação de informação mais utilizadas na área da oceanografia operacional. Segundo Prandle, a oceanografia operacional pode ser definida como “*a criação, disseminação, e interpretação de medições dos mares e oceanos com o objetivo de previsões de condições futuras*” [[Pra00](#)]. Para a previsão das condições dos mares e oceanos existem portanto diversas medições de diferentes características, tais como: a temperatura à superfície da água, a intensidade e direção do vento ou correntes marítimas, altura e direção das ondas, período de

onda, etc. Estas características são exemplos de dados espaço-temporais multivariáveis, porque para um determinado espaço e tempo, existem múltiplas variáveis com diferentes valores e magnitudes a serem representadas.

Considerando as necessidades de representação de diferentes tipos de dados oceanográficos, as seguintes subsecções exploram diversas técnicas de representação mais frequentemente aplicadas na oceanografia operacional.

2.1.1 Representação de Fenómenos de Vento

O vento é um dado de grande importância e relevância para a caracterização de condições meteorológicas ótimas para a prática de desporto náuticos, devido principalmente à influência que exerce sobre a formação e rebentação das ondas do mar na costa [Dou90]. Existente portanto uma necessidade de representar o vento de uma forma eficaz e intuitiva ao utilizador, para que este consiga facilmente extrair e compreender toda a informação apresentada. Para representar o vento é essencial evidenciar na visualização dois dos seus atributos, a sua intensidade que se traduz num valor escalar e a sua direcção que pode ser representada vetorialmente.

Na pesquisa e estudo do estado da arte, foi realizado um levantamento das técnicas mais utilizadas para a representação do vento ou campos de vento, tais como: vetores, mapa de cores, fluxos e *wind barbs* [WMK09].

O uso de vetores para representação do vento, normalmente encontra-se associado ao uso de um mapa de cores como fundo, como se pode verificar na Figura 2.1. Esta combinação deve-se ao facto de se conseguir expressar a direcção do vento através da orientação dos vetores, assim como visualizar as diferentes intensidades utilizando o mapa de cores, onde cada cor está associada a uma escala de valores possíveis. No caso da Figura 2.1, a escala de valores possíveis para a velocidade encontra-se expressa em nós (*knots*). Podemos também observar que consoante uma maior ou menor intensidade do vento em cada local, o comprimento do vetor correspondente aumenta ou diminui respetivamente. Ou seja, a informação da orientação e intensidade do vento em cada local poderia ser representada apenas recorrendo ao uso de vetores. A necessidade do uso do mapa de cores surge no sentido de auxiliar a visualização, de forma a tornar mais claro, perceptível e quantificável as intensidades medidas. Esta visualização é um exemplo de um mapa bivariável, ou seja, um mapa que contém a representação de duas variáveis recorrendo ao uso de diferentes elementos gráficos que as distingam. Contudo, esta representação não é a mais eficiente, isto porque o mapa de cores está a representar a intensidade do vento, informação que os vetores estão igualmente a representar com a variação do seu comprimento em função de uma maior ou menor intensidade. Desta forma, existe uma duplicação de informação no mapa, o que sugere que pode existir forma mais eficiente de aproveitar um elemento gráfico como a cor, para a representação de um outro tipo de variável espaço-temporal.

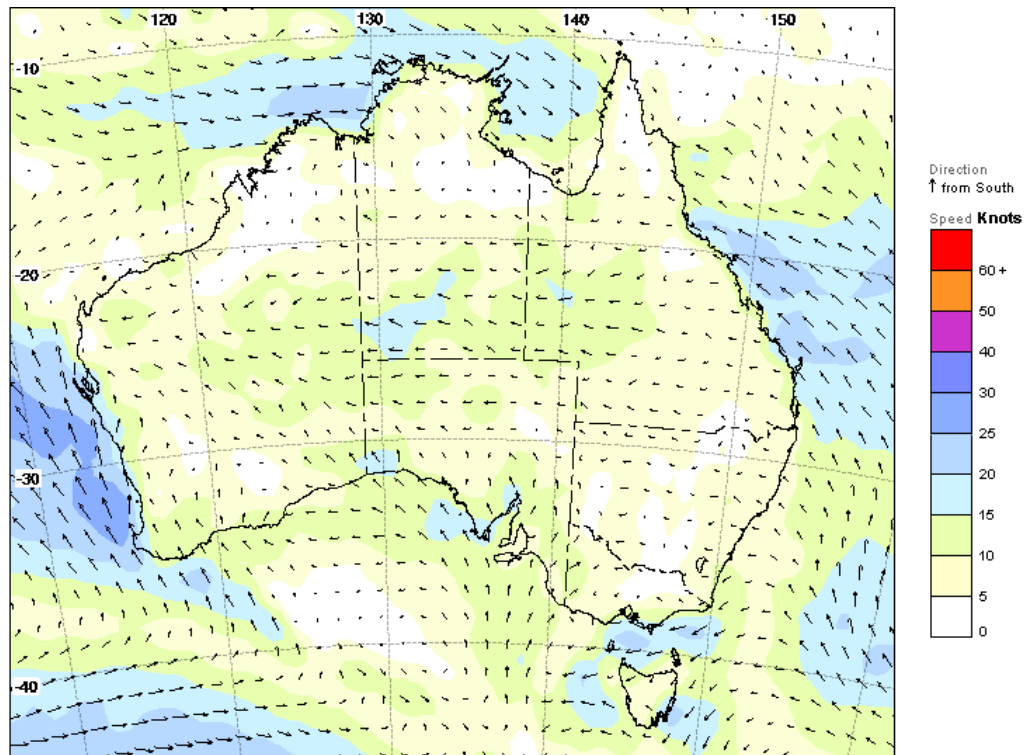


Figura 2.1: Mapa com previsão de velocidades e direcções de ventos sobre a Austrália [Met14].

Tendo em conta a ineficiência da visualização da Figura 2.1 para representar a direção do vento e a sua intensidade, existe um tipo de técnica que consegue compactar essa mesma informação num só elemento gráfico, os *wind barbs*. Esta técnica é possivelmente a mais comum entre todas as representações meteorológicas e oceanográficas que envolvam a visualização do vento, sendo um *standard* para esta representação. [PW13, WP12]. A Figura 2.2 ilustra como se interpreta cada tipo de glifo/símbolo dos *wind barbs*. Nesta simbologia, a direção do vento é dada pela orientação das hastes ou bandeira até à ponta da linha. Quanto à velocidade do vento, esta é indicada em nós, onde cada meia haste representa 5 nós, uma haste vale 10 nós e a bandeira significa 50 nós.

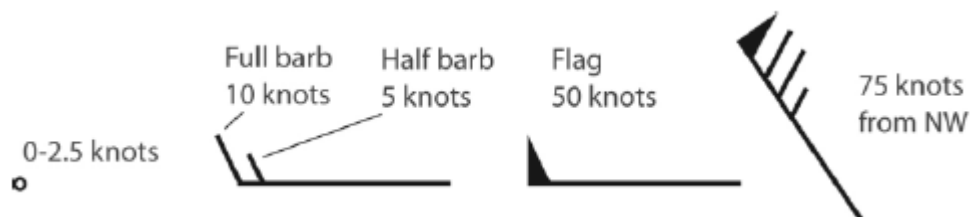


Figura 2.2: *Wind barbs*, uma representação standard do vento na meteorologia e oceanografia [WP12].

A vantagem no uso deste sistema é a possibilidade de com um único símbolo, se conseguir representar duas variáveis espaço-temporais distintas, como a direção e intensidade do vento. A Figura 2.3 mostra como se efetua a visualização de *wind barbs* num mapa de previsão de condições meteorológicas, como existe no Instituto Hidrográfico [Por14].

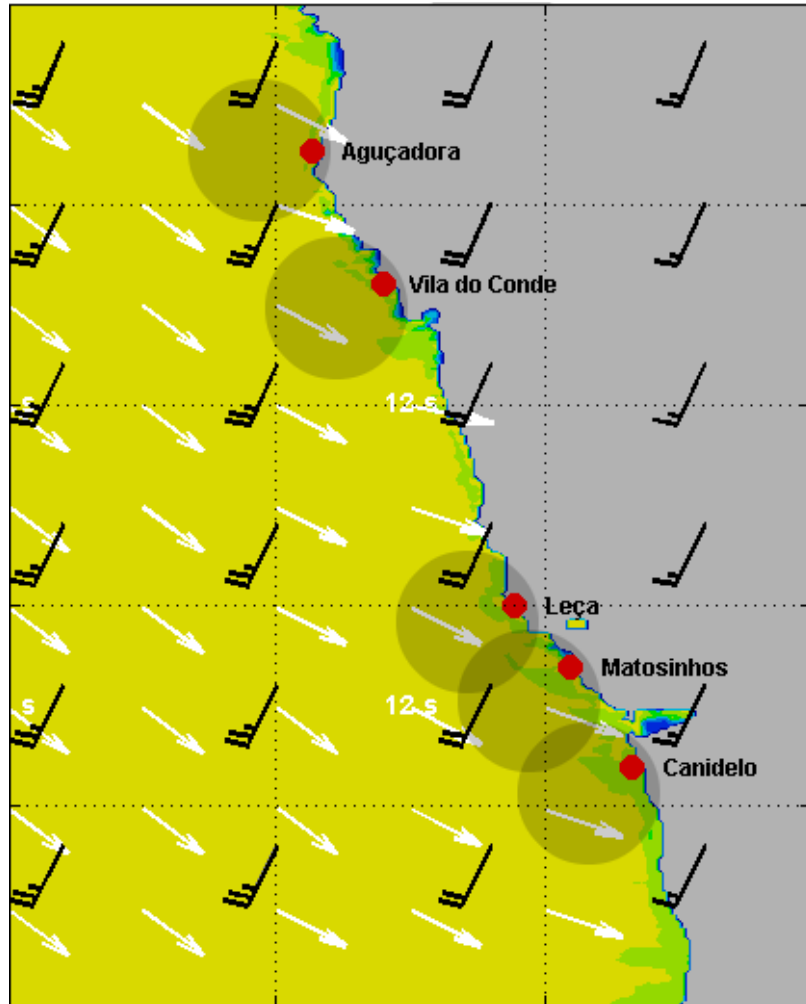


Figura 2.3: Mapa de previsão de condições meteorológicas na costa do Porto. Os *wind barbs* representam o vento, as flechas brancas representam a direção das ondas e as cores significam diferentes alturas de onda [Por14].

Na visualização do mapa da Figura 2.3 é possível observar o efeito de agregação dos diferentes *wind barbs* presentes, com o objetivo de apresentar ao utilizador uma noção geral do fluxo do vento. Pode-se afirmar que o uso desta simbologia permite que outras variáveis possam ser representadas em conjunto no mesmo mapa, possibilitando que o elemento gráfico cor seja utilizado, por exemplo, para representar a altura das ondas, ao contrário do que se regista na visualização da Figura 2.1, onde é necessário o uso de dois elementos como os vetores e a cor

para representar o vento. No entanto, a compactação da informação nesta simbologia, assim como o desenho da mesma, pode não ser a forma mais efetiva, perceptível e intuitiva de visualizar este tipo de dados. Segundo Pilar e Ware [PW13], existem problemas perceptuais para o observador destreinado, pois podem pensar que a orientação do vento é contrária à estabelecida, ou seja, pensar que aponta para as hastes ou bandeiras, que é o local que tem um maior peso visual no símbolo. Eles continuam e afirmam que “*as barras também introduzem mudanças bruscas no contorno da direção que quebram a continuidade e dificultam a identificação de padrões como frentes de vento e ciclones*” [PW13]. Quanto à representação da intensidade, Pilar e Ware argumentam que os *wind barbs* cumprem a sua função até a um certo ponto, pois como uma maior velocidade se traduz num aumento de hastes ou bandeiras presentes num símbolo, o peso visual aumenta, causando uma presença de maior densidade ao que um observador associa intuitivamente a um aumento de intensidade da variável em questão. No entanto, de acordo com Pilar e Ware [PW13], existem métodos desenvolvidos na comunidade científica de visualização de informação que apresentam uma melhoria significativa em relação aos *wind barbs*, no que diz respeito à percepção de padrões formados pelo vento, conseguidos através da variação de pesos de linha, graus de contraste ou tamanho de glifos, como os trabalhos de Ware, Mitchell e Kelley [WMK09] e de Fowler e Ware [FW89] sugerem.

Uma forma de visualização do vento que se distingue das técnicas anteriormente referidas é a representação sob a forma de fluxos ou *streamlines*. Esta técnica de visualização caracteriza-se pelo uso de animação com o objetivo de representar a ideia de movimento do vento, sendo portanto uma representação dinâmica. Distingue-se então das representações por *vetores* e *wind barbs*, que são exemplos de representações estáticas. O uso de movimento na visualização pode ser um elemento com excelentes capacidades de associação visual e discriminação entre diferentes variáveis, como é sugerido por Bartram e Ware no trabalho *Filtering and Brushing with Motion* [BW02]. A Figura 2.4 apresenta uma visualização criada por Beccario [Bec14b], que contém a visualização de ventos pelo método de representação de fluxos. O trabalho desenvolvido por Beccario ilustra num mapa do mundo a movimentação do vento, assim como correntes marítimas, temperatura à superfície da terra e mar, índices de precipitação e pressão atmosférica [Bec14a]. Neste exemplo, ilustrado pela Figura 2.4, foi efetuado um *zoom* de forma a mostrar a zona do oceano Atlântico que banha a costa portuguesa e apenas se considerou a visualização do movimento do vento. Apesar da Figura 2.4 ser apenas um *snapshot*, ou seja, uma imagem estática, é facilmente extraída informação sobre o estado e movimentação do vento, onde uma maior velocidade do vento está associada a uma maior densidade de fluxos. Além de uma percepção intuitiva da velocidade do vento num dado local, a sua direção e orientação são extraídas imediatamente através da representação de movimento do fluxo. Estudos têm sido realizados no sentido de desenvolver e aprimorar esta área em crescimento, devido às suas potencialidades no que diz respeito à visualização de correntes e fluxos, como o vento e o mar [BW02, WMK09, WP12, War08]. Pelas suas características que permitem a agregação e associação de informação como é descrito por Bartram e Ware [BW02], na Figura 2.4 é possível perceber padrões e

formações de vento, como o ciclone que se visualiza na área de maior densidade de fluxos, que com o uso de outros métodos, como os *wind barbs*, tornar-se-ia visualmente mais sobrecarregado e difícil de aferir esses mesmos padrões [PW13].



Figura 2.4: Mapa de ventos usando a técnica de fluxos [Bec14b].

Como forma de comparação entre duas técnicas, a Figura 2.5 mostra a formação de um ciclone semelhante ao encontrado na Figura 2.4. É possível observar que se torna visualmente mais difícil interpretar a informação que a Figura 2.5 transmite, devido principalmente às fraquezas que os *winds barbs* apresentam na agregação e associação de informação, assim como na transmissão ao observador do correto sentido de direção do vento, como Pilar e Ware denotam [PW13].

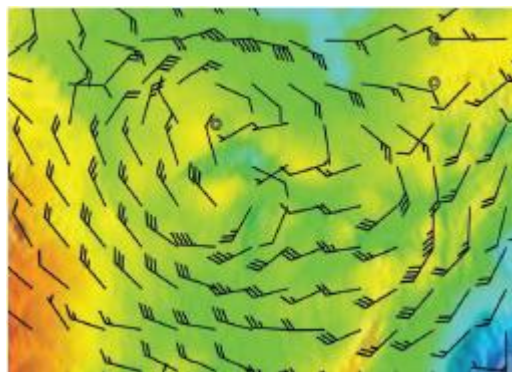


Figura 2.5: Representação de um ciclone através do método de *wind barbs* [PW13].

Como foi visto nesta subsecção, existem diversas formas presentes na área da oceanografia e meteorologia de representar o vento, tanto na sua componente escalar (velocidade) como na

componente vetorial (direção). As técnicas referidas anteriormente podem ser caracterizadas em diversos aspetos, tais como:

- Qual a dimensão dos dados: univariáveis ou multivariáveis?
- Qual o número de diferentes variáveis que podem representar: é possível representar uma ou mais segundo o mesmo modelo de visualização?
- Quanto à representação temporal: a visualização é estática ou dinâmica?

Quanto à classificação segundo a dimensão dos dados, as diferentes técnicas podem representar dados univariáveis ou multivariáveis. Um exemplo de uma técnica que apenas consegue representar uma variável, é a técnica do mapa de cores, pois apenas é possível codificar uma variável numa escala de cores. Como exemplo de uma técnica multivariável, temos o exemplo dos *wind barbs*, que usando um símbolo/glifo, consegue representar não só a direção do vento como também pode quantificar a sua velocidade.

Quanto ao número de diferentes variáveis que uma técnica de visualização pode representar, um exemplo de uma técnica que pode ser usada para esse fim, é o uso do mapa de cores. O mapa de cores é um método exemplar quando a visualização necessita de representar uma escala ou gama de valores, sendo portanto útil na representação de dados como a temperatura do mar ou terra e altura de ondas, como se irá observar nas subsecções seguintes.

É possível caracterizar cada modelo ou técnica de visualização segundo a sua representação temporal, ou seja, se é estática ou dinâmica. Como exemplo, temos a técnica de uso do fluxo como forma de representação, que passa necessariamente pela aplicação de uma animação, de forma conseguir transmitir a noção de movimento e direção ao observador.

2.1.2 Representação de Fenómenos de Temperatura

A representação de fenómenos de temperatura é importante na caracterização dos mares e oceanos, e na ótica de um praticante de desportos náuticos, é fundamental ter em conta essa variável, pois existe a necessidade de ajuste do seu vestuário e proteção, mediante uma temperatura quente ou fria. A forma mais comum e usual de apresentar os diferentes valores medidos, é em graus Celsius (°C). Nas técnicas de visualização da temperatura, a utilização do mapa de cores pode ser considerada um *standard*, pois é a forma de visualização moderna mais utilizada, tanto ao nível da meteorologia como da oceanografia, para a representação da temperatura [WP12]. Isto deve-se não só ao facto de ser tradicionalmente usada para esta finalidade, mas também como a codificação de valores de temperatura numa escala de cores é facilmente percebida e compreendida pelo observador, pois associa-se usualmente cores “frias”

como tons de azul a baixas temperaturas, e cores “quentes” como tons de vermelho a altas temperaturas, tornando-se num mapeamento muito intuitivo [WP12].

Na Figura 2.6 temos uma visualização de um mapa de cores para a representação da temperatura à superfície da água [Sci14]. A escala de cores definida segue o modelo padrão definido de codificar temperaturas mais elevadas a tons mais “quentes” e temperaturas mais baixas a tons mais “frios”, resultando na seguinte imagem que se pode observar na Figura 2.6.

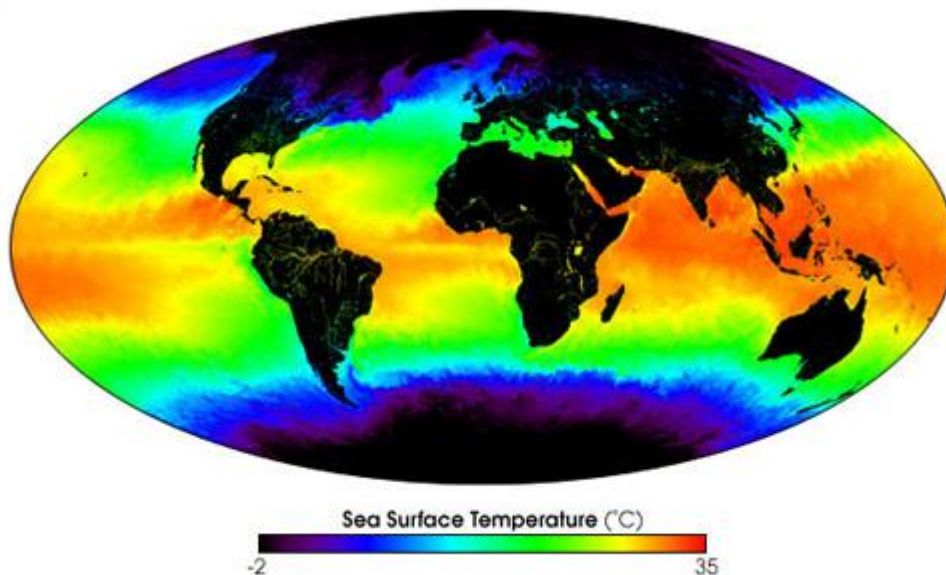


Figura 2.6: Mapa do mundo com visualização da temperatura à superfície da água [Sci14].

2.1.3 Representação de Fenómenos de Ondulação

A altura das ondas é possivelmente o elemento mais importante na caracterização das melhores condições para a prática de desportos náuticos, isto porque, a altura das ondas têm um impacto enorme na prática, podendo esta mesmo ser severamente condicionada. A altura das ondas assume portanto, uma componente muito importante para a visualização de condições ideais em desporto náuticos.

Na área da oceanografia operacional, a forma de visualização mais comum da altura das ondas no mar é essencialmente através do uso de mapa de cores, encontrando-se muitas vezes associado ao uso de flechas para representar a direção das ondas, formando então um mapa bivariável. A Figura 2.3 presente na subsecção 2.1.1 é um exemplo dessa mesma aplicação do mapa de cores, com as flechas brancas a indicar também a direção das ondas. Como pôde ser observado na subsecção anterior, a forma mais comum de representar a temperatura à superfície da água recorre também ao uso de um mapa de cores, existindo portanto um problema se existir a necessidade de representação de ambas as variáveis numa visualização integrada. Uma solução para este problema que tem sido usada, consiste na elaboração de um esquema de cores a duas dimensões para as duas variáveis, no entanto Ware [War09] denota que os resultados são

frequentemente difíceis de interpretar e lidos de forma incorreta. Outra possível solução para a representação de mapas bivariáveis, é a separação do mapa em dois, onde cada um contém a informação da respetiva variável. Embora possa ser uma possível solução, existem problemas com esta abordagem, pois a visualização deixa de ser integrada, comprometendo as suas capacidades de correlação entre as duas variáveis, pois implica que o observador tenha de desviar a sua atenção de imagem para imagem, comprometendo um maior esforço cognitivo para o estabelecimento de conclusões entre as duas imagens. Dado a natureza dos dados em questão, que são dados espaço-temporais multivariáveis, existe a necessidade de estabelecer uma visualização integrada dos mesmos, devido à sua forte relação espacial e temporal. Deste modo, Ware afirma que *“se duas variáveis podem ser combinadas numa só imagem, o mapa bivariável resultante pode tornar mais fácil a comparação das mesmas, assumindo que as duas variáveis em questão conseguem ser percebidas independentemente”* [War09]. Isto leva-nos a procurar outro tipo de solução que consiga representar as duas variáveis em simultâneo, como o uso de símbolos [SI05, War09, WP12].

2.1.4 Comparação das Técnicas de Visualização

Como pôde ser observado nesta secção, existem diferentes técnicas para a representação e visualização de dados oceanográficos. No entanto, existem dados que usualmente requerem o mesmo tipo de visualização, o que resulta num impasse quanto à melhor forma de representar cada dado, tendo em conta que a visualização a definir e desenvolver, requer uma visualização integrada dos diferentes dados. Esta necessidade de visualização integrada vem de encontro à forte relação espacial e temporal existente entre os dados, o que indica que é necessário efetuar comparações e facilitar a extração de conhecimento da mesma. A integração dos dados é também um requisito dado as dimensões reduzidas a que a visualização é sujeita, onde técnicas como a utilização de diferentes mapas univariáveis, limitam a quantidade de informação que pode ser extraída a cada momento, assim como não facilitam a observação de padrões e correlações. Além disso, foi visto que existem técnicas que variam no seu grau de eficiência, eficácia e intuitividade.

A Tabela [2.1](#) ilustra as características de cada técnica de visualização abordada nesta secção 2.1. Como se pode observar, tanto os vetores como os fluxos são formas de representar o mesmo tipo de variáveis, onde a sua diferença fundamental reside na sua representação temporal, com os vetores a serem normalmente representados de forma estática e os fluxos de forma dinâmica.

Tabela 2.1: Características de técnicas de visualização de dados oceanográficos

Técnica de visualização	Variáveis	Representação temporal
Vetores	Vento, direção das ondas, correntes marítimas	Estática
<i>Wind barbs</i>	Vento	Estática
Fluxos	Vento, direção das ondas, correntes marítimas	Dinâmica
Mapa de cores	Temperatura, altura das ondas, intensidade do vento	Estática ou dinâmica

Esta diferença resulta em diferentes eficácias na representação correta e precisa da variável em questão, pois Laidlaw et al. [LDM*01] concluem que métodos de visualização contínuos são mais eficazes e permitem uma melhor *performance* do observador, dando uma maior indicação de direcionalidade e de pontos críticos. Os *wind barbs* permitem representar a mesma informação que os vetores, no entanto, a sua visualização permite um discernimento mais rápido sobre o valor absoluto da velocidade do vento, pois faz parte da sua simbologia, enquanto que os vetores transmitem mais facilmente ao observador a ideia de variação de velocidade, devido à variação do seu comprimento mediante uma maior ou menor velocidade. O mapa de cores é um método de visualização ideal para representar variáveis escalares, podendo servir para representar a temperatura, altura das ondas até a intensidade do vento. Geralmente, quanto à forma de representação temporal, os mapas de cores são estáticos. Contudo, existem visualizações que adicionam a componente temporal e mostram uma animação do mapa, como previsões de alturas de onda, de forma a dar uma percepção de movimentação ou fluxo ao observador. Apesar de o mapa de cores poder servir como representação a diferentes tipos de variáveis, a visualização mais intuitiva está associada à temperatura, como foi visto na subsecção anterior.

2.2 Aplicações Móveis de Previsão de Condições Meteorológicas e Oceanográficas

Dado que a ferramenta para avaliar a visualização proposta será o desenvolvimento de um protótipo para um dispositivo móvel, foi realizado um estudo de aplicações móveis que façam a previsão de condições meteorológicas e oceanográficas. Este estudo foi realizado de forma a comparar as funcionalidades que as aplicações atuais sobre a previsão de condições meteorológicas e oceanográficas possuem.

Como o protótipo a desenvolver será implementado no sistema operativo móvel Android¹, onde as razões dessa escolha se encontram enumeradas no capítulo 4, foi efetuada uma pesquisa no Google Play², uma loja virtual onde se pode visualizar e aceder a todas as aplicações para esse SO, que podem ser gratuitas ou pagas. Na pesquisa realizada foram encontradas dezenas de aplicações relacionadas com o tema, o que levou à decisão de filtragem e escolha de algumas das aplicações mais descarregadas, de forma a poder estabelecer uma comparação e inferir quais as formas de visualização mais frequentes. As aplicações exploradas foram: GO Weather Forecast & Widgets³, 1Weather⁴, Meteo Marine⁵ e MSW Surf Forecast⁶. Estas aplicações, apesar de serem distintas quanto à área que abordam em específico, como o 1Weather que aborda a visualização de informação meteorológica mais generalista até ao MSW Surf Forecast, que dedica a sua atenção na visualização de dados adequados à prática de *surf*, todas estas aplicações partilham o facto de expressarem grande porção da sua informação através da forma textual. Este tipo de visualização maioritariamente focada na representação textual de dados pode-se dever a dificuldades inerentes à concepção de visualizações multivariáveis, especialmente quando o dispositivo alvo é de pequenas dimensões. Além disso, o estudo, desenvolvimento e implementação de formas de visualizações integradas é claramente um processo mais moroso que a opção de representar essa mesma informação de forma textual. Outro problema que pode ser levantado com o uso de uma representação textual muito densa e em grande quantidade, é a necessidade do observador ter de analisar e retirar conclusões dos dados apresentados, o que por si só, dificulta o processo de compreensão e percepção do observador, além de ser um método que requer mais tempo para essa mesma compreensão. Além do uso de texto, as aplicações usam gráficos univariáveis para a representação de variáveis como o vento e altura das ondas, com o objetivo do utilizador poder observar a sua evolução ao longo do tempo.

O uso de mapas para a visualização integrada de dados é escasso, onde os mapas utilizados são apenas univariáveis, ou no máximo bivariáveis. Mesmo os mapas bivariáveis representados, apenas abordam um tipo de dado, como o vento, onde se usa vetores ou flechas para representar a direção deste e um fundo com um mapa de cores, com o propósito de quantificar a informação visualizada. Desta forma, a capacidade de deteção de padrões e percepção de correlações entre as diferentes variáveis encontra-se portanto limitada, pois a representação usada não integra os dados numa só visualização.

¹<http://www.android.com/>

²<http://play.google.com/store>

³<http://play.google.com/store/apps/details?id=com.gau.go.launcherex.gowidget.weatherwidget>

⁴<http://play.google.com/store/apps/details?id=com.handmark.expressweather>

⁵<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lachainemeteo.marine.androidapp>

⁶<http://play.google.com/store/apps/details?id=com.phonegap.MSWMobile>

Pode-se concluir que as aplicações móveis modernas de previsão de condições meteorológicas e oceanográficas ainda se encontram numa fase inicial no que diz respeito à visualização de dados multivariáveis espaço-temporais, pois não estabelecem o uso de uma visualização integrada dos diferentes dados a fim de aferir e deduzir possíveis relações e padrões entre as mesmas. A utilização da forma textual como principal meio de representação de informação nestas aplicações prejudica o observador, pois obriga-o a ter de analisar e compreender os dados apresentados, além de não lhe fornecer nenhum tipo de interatividade, fazendo com que a aplicação seja uma mera apresentação e descrição de dados. Com vista a obter benefícios de uma visualização mais intuitiva e imediatamente perceptível, o capítulo seguinte aborda uma possível solução, retratando o processamento visual pré-atentivo.

2.3 Processamento Visual Pré-Atentivo

O processamento visual pré-atentivo é uma área que surge do estudo e investigação efetuadas na área da psicologia e visão humana, como forma de compreender como é que o sistema visual humano analisa imagens, segundo Healey, Booth e Enns [[HBE93](#)]. Eles afirmam, que o resultado dessa investigação levou à descoberta de propriedades visuais que são pré-atentivamente processadas, ou seja, propriedades que são detetadas imediatamente, pelo que os observadores não necessitam de focar a sua atenção para determinar se um elemento com uma dada propriedade ou falta dela, se encontra presente ou não [[HBE93](#)].

Healey e Enns [[HE98](#)] afirmam que pode-se dizer que uma tarefa de procura visual é pré-atentiva quando consegue ser realizada numa visualização de um grande número de elementos em menos de 200 milissegundos. Além disso, eles notam que o tempo necessário para a realização das tarefas de procura visual são independentes do número de dados que estão a ser mostrados. Portanto pode-se afirmar que este tipo de propriedades pré-atentivas podem ser literalmente detetadas através de um simples olhar. Segundo Chen [[Che06](#)], visualizar um objeto estranho entre objetos semelhantes é tipicamente uma tarefa pré-atentiva. Ele continua e afirma que se um objeto possui uma característica visual única, então facilmente se pode verificar a sua presença ou falta dentro de um conjunto de objetos. Mas Chen afirma que quando o objeto alvo a ser pesquisado não contém uma característica visual distinta e única, então é necessário proceder uma procura visual mais detalhada e exaustiva para determinar se o alvo se encontra presente ou não [[Che06](#)].

Na Figura [2.7a](#) é detalhado o exemplo de uma procura visual pré-atentiva. Neste exemplo simples, uma tarefa visual de procura pode ser a deteção de um círculo cheio dentro de um conjunto de círculos vazios. Define-se que todos os objetos que não sejam o alvo da procura como os distratores.

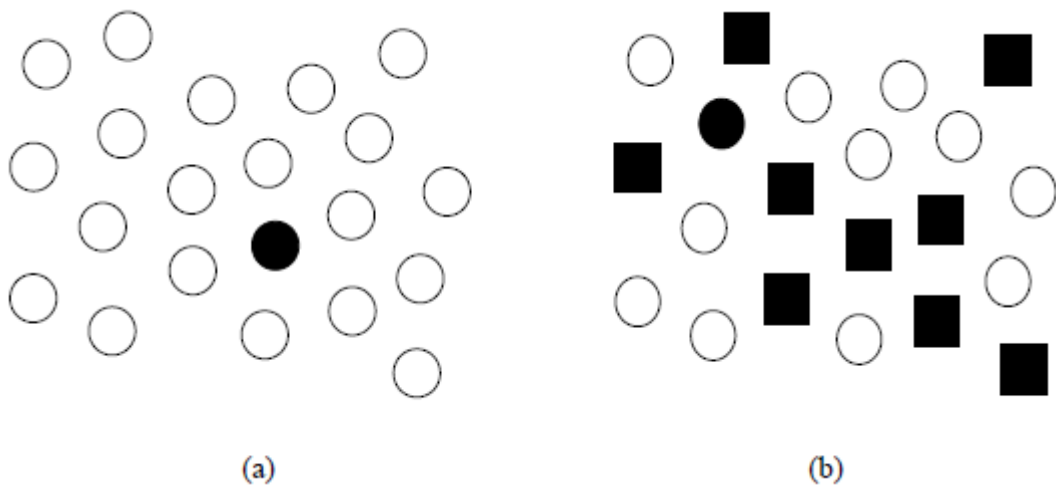


Figura 2.7: Exemplo de duas tarefas de detecção: (a) o alvo consegue ser detetado pré-atentivamente pois possui uma característica única; (b) o alvo não pode ser detetado pré-atentivamente pois não tem uma característica visual que o separe dos distratores [HBE96].

Como se pode observar na Figura 2.7a, todos os objetos distratores são círculos vazios, onde o objeto alvo tem então uma característica visual única que o distingue, o facto de ser preenchido. Desta forma, é possível com um simples olhar detetar imediatamente a presença de um círculo preenchido. No entanto, como se pode ver na Figura 2.7b, neste conjunto de dados, para a mesma tarefa visual, o círculo preenchido deixou de poder ser procurado pré-atentivamente, pois já não possui uma característica visual única que o distinga, devido ao facto de existirem quadrados com essa mesma característica. Pode-se definir-se que um alvo de conjunção é um que constitui duas ou mais características, das quais apenas uma delas se encontra presente em cada um dos distratores, como Triesman explica [Tri85]. Um exemplo duma pesquisa em conjunção é a apresentada na Figura 2.7b, onde numerosos estudos mostram que o alvo não pode ser detetado pré-atentivamente, forçando o observador a ter de efetuar uma pesquisa serial pela visualização, ao contrário da paralela efetuada por uma pesquisa pré-atentiva, como Healey, Booth e Enns concluem em [HBE96].

Few [Few04] mostra uma coleção de um conjunto de atributos e propriedades consideradas pré-atentivas que possuem relevância na área de visualização de informação, como se pode ver na Figura 2.8. Já foi visto anteriormente na Figura 2.7 que a cor e o matiz são elementos pré-atentivos, quando usados como uma característica que faça o alvo distinguir-se do conjunto de elementos que o rodeia. Pode-se observar pela Figura 2.8 que além da cor e matiz, existem diferentes propriedades pré-atentivas, tais como: a orientação, o comprimento e largura de uma linha, o tamanho, forma e curvatura de um objeto, assim como a adição de marcas que as distingam e a posição espacial que ocupam.

De ressaltar, que estas propriedades apenas assumem um carácter de processamento visual pré-atentivo quando possuem uma característica única que os separe dos elementos distratores.

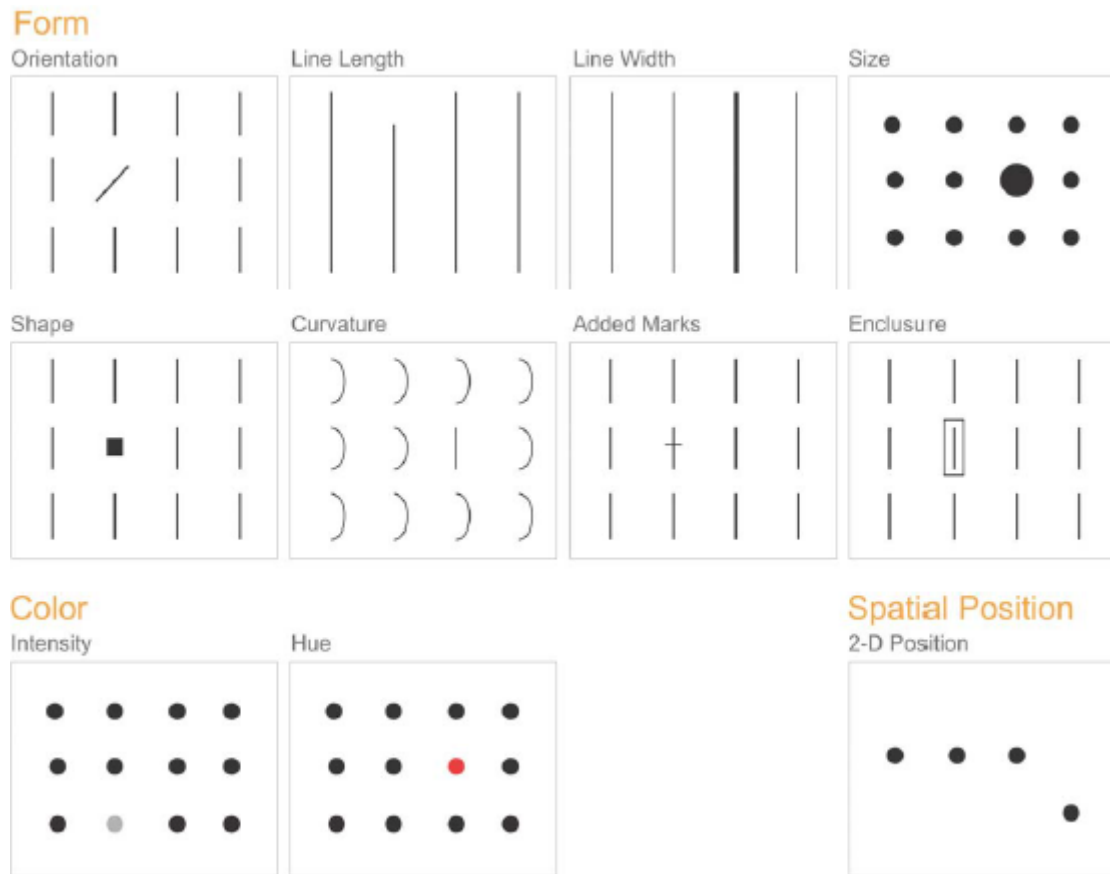


Figura 2.8: Lista de atributos pré-atentivos [Few04].

A utilização de elementos pré-atentivos no modelo de visualização de informação pode então ser uma ferramenta muito útil para a organização de elementos gráficos de forma garantir uma procura visual imediata de determinado alvo. Dos atributos apresentados na Figura 2.8, a orientação, cor, forma e tamanho são elementos que podem ser facilmente exploráveis, permitindo que determinadas variáveis sejam representadas. O uso de processamento visual pré-atentivo numa visualização pode permitir que o acesso visual a certas variáveis seja feito de forma imediata, aumentando e otimizando a eficácia visual da mesma.

2.4 Visualização de Informação em Dispositivos Móveis

A visualização de informação em dispositivos móveis é uma área em forte expansão e crescimento, onde segundo Chittaro [Chi06], *“o melhoramento contínuo das capacidades de processamento aliado ao crescimento das capacidades gráficas dos computadores tem sido responsável pela incorporação de um leque variado de técnicas de visualização avançadas na maioria dos domínios de aplicações de computação, como a área financeira, a medicina, a engenharia e a ciência”*. No entanto, a visualização de informação em dispositivos móveis, assume um nível completamente diferente que a mesma visualização, como por exemplo, num ecrã de computador. A diferença principal é devido às limitações inerentes a um dispositivo móvel (e.g. *smartphone*), das quais se podem destacar as seguintes [CAM⁺08]:

- Tamanho do ecrã;
- Processamento e armazenamento;
- Métodos de interação;
- Conexão e banda larga.

O tamanho do ecrã é, por razões óbvias, a maior restrição para a representação de técnicas de visualização de informação. A área de ecrã disponível de um dispositivo móvel reduz consideravelmente quando comparado com um ecrã de um portátil ou de um computador, o que traduz numa dificuldade acrescida em representar a mesma informação para os dois tipos de ecrã. Esta dificuldade traduzir-se numa utilização de um número muito maior de páginas necessárias para a visualização de informação quando comparado com o ecrã de um computador [CAM⁺08]. No entanto, existem certas visualizações que não podem ser visualizadas corretamente com apenas um aumento do número de páginas, como visualizações de mapas, o que resulta na necessidade de aplicação de técnicas apropriadas (e.g. Overview+Detail [BC13]), ou numa reformulação total da visualização que se pretende apresentar.

As capacidades de processamento e armazenamento em dispositivos móveis têm sido alvo de uma expansão e crescimento notável na última década, no entanto elas ainda se encontram bastante aquém daquilo que um computador pessoal consegue alcançar, e juntando ao tamanho do ecrã e diferenças na forma de interação, são restrições que não serão tão cedo ultrapassadas num futuro próximo, sem o sacrifício da portabilidade do dispositivo, como Burigat e Chittaro afirmam [BC13].

Quanto aos métodos de interação, existe uma diferença inerente nas formas de introdução de dados, devido aos ecrãs tácteis presentes hoje em dia. É uma diferença clara dos periféricos utilizados no computador (e.g. rato), o que leva à necessidade do desenho de interfaces gráficas para aplicações móveis assumir uma forma distinta das aplicações para computador, devendo

focar-se fundamentalmente em possibilitar uma navegação e visualização de dados clara e intuitiva ao utilizador, como Carmo et al. [[CAM⁺08](#)] defendem.

Por fim, a conexão e acesso a banda larga são limitados, devido às limitações no tráfego disponível assim como a velocidade de transferência de dados. Isto causa problemas de interatividade e visualização de dados para o utilizador, quando existe uma grande quantidade de dados armazenados em servidores e base de dados remotas, como Chittaro [[Chi06](#)] denota.

2.5 Sumário

Ao longo deste capítulo de revisão bibliográfica encontram-se abordados diferentes temas, entre eles as técnicas *standard* mais utilizadas no domínio da Oceanografia Operacional, um levantamento das aplicações móveis utilizadas para a previsão de fenómenos e condições meteorológicas e oceanográficas para a prática de desportos náuticos, uma revisão do processamento visual pré-atentivo e do seu impacto na otimização de pesquisas visuais, culminando no fim com uma secção sobre a visualização de informação em dispositivos móveis.

Quanto às técnicas e métodos usadas para a visualização de dados oceanográficos, é possível verificar que existem diversificadas formas de poder representar um determinado tipo de variável (e.g. vento), onde se pode concluir que existem técnicas mais eficientes e eficazes que outras. Quanto à eficiência de uma técnica, pretende-se afirmar que faz o menor uso de recursos para conseguir representar e visualizar corretamente um tipo de variável. Quanto à eficácia de uma técnica, refere-se como a capacidade de conseguir transmitir corretamente e precisamente a informação que representa, maximizando o conhecimento que pode ser extraído através dessa mesma visualização. Foram vistas diferentes técnicas para cada tipo de variável, onde se pode concluir que a representação do vento por fluxos, que representa tanto a direção como a intensidade do vento, é sem dúvida a técnica de representação mais eficiente e eficaz para essa variável [[BW02](#), [WP12](#)]. As suas desvantagens, são as razões pela qual a mesma ainda não se encontra difundida e presente na maioria das representações visuais do vento, que é pela dificuldade de implementação de um sistema dessa escala, assim como a necessidade de obtenção de um considerável volume de dados para conseguir representar e definir a animação desse mesmo fluxo.

Relativamente à temperatura da superfície da água, as técnicas de visualização vulgarmente utilizadas estão de acordo com uma representação da variável, além de que a utilização da escala de cores é apropriada, onde os tons “frios” representam as temperaturas baixas e os tons “quentes” representam as temperaturas altas, o que é um mapeamento de informação muito intuitivo para o utilizador. No entanto, devido à representação das alturas das ondas ser também normalmente baseada em mapas de cores, existe a necessidade de encontrar alternativas para essa representação quando integrada numa visualização que também contenha dados sobre a temperatura.

Revisão Bibliográfica

Em relação às aplicações oceanográficas existentes que realizem a previsão de condições meteorológicas e oceanográficas para a prática de desportos náuticos, pode ser observado neste estudo que, as aplicações atuais representam a maioria da informação oceanográfica na forma textual. Em alguns casos, temos a utilização de gráficos univariáveis que relacionam a altura das ondas ou a intensidade do vento, com o tempo. Esta representação em gráficos univariáveis consegue representar a evolução de uma variável, mas dificulta imenso visualização e a extração de conhecimento do relacionamento entre múltiplas variáveis, o que dada a natureza espacial e temporal de cada variável e da forte correlação entre si, limita as potencialidades que uma visualização integrada das mesmas poderia vir a oferecer. Pode-se também aferir que o uso da forma textual como único meio de representação de informação, apesar de se adequar às limitações dos dispositivos móveis, acarreta dificuldades de análise e compreensão acrescida para o observador, pois este necessita de ter de analisar e comparar os diferentes resultados por si mesmo.

Quanto ao estudo da área do processamento visual pré-atentivo, pode-se concluir que esta oferece condições para se poder maximizar e otimizar o conhecimento extraído a partir de uma visualização, tirando partido das capacidades cognitivas do nosso sistema visual, através do uso de um processamento em paralelo no nosso cérebro que permite a deteção imediata e eficaz de determinados elementos gráficos, com um simples olhar.

Em relação à visualização de informação em dispositivos móveis, podemos concluir que existem imposições e dificuldades inerentes na visualização de dados nestes dispositivos, sendo claro que o seu maior factor de impedimento seja o tamanho pequeno dos seus ecrãs, que dificulta a representação dessa mesma informação. No entanto, foi visto que é possível ultrapassar essas dificuldades, com a adaptação e concepção de novas formas de visualização que se adequem a esses dispositivos, e que o desenho de interfaces gráficas de navegação assume um papel importante para uma visualização e representação de dados eficaz.

Revisão Bibliográfica

Capítulo 3

Protótipo

Este capítulo descreve em detalhe a implementação do protótipo funcional construído, com o propósito de ser a ferramenta de avaliação da solução de visualização formulada. A secção 4.1 apresenta o sistema operativo móvel escolhido e a fundamentação dessa escolha. Na secção 4.2 descreve-se o estudo efetuado para encontrar a plataforma ou framework de desenvolvimento gráfico mais adequada para a implementação da visualização de dados. A secção 4.3 descreve em detalhe a solução encontrada para definir a animação dos fluxos, o desenho dos símbolos e implementação do mapa de cores. Adicionalmente detalha os métodos de interação presentes no protótipo. A secção 4.4 apresenta as principais conclusões retiradas deste capítulo.

3.1 Sistema Operativo Móvel

A implementação da estratégia de visualização num dispositivo móvel (e.g. *smartphone* ou *tablet*) será a principal ferramenta para a análise e avaliação dos resultados obtidos. Existem atualmente, diferentes sistemas operativos móveis que possibilitam a concepção de aplicações próprias, destacando-se o sistema Android da Google, o iOS da Apple⁷ ou o Windows Phone da Microsoft⁸. Entre os sistemas operativos destacados, a escolha incidiu no sistema Android da Google, devido aos seguintes fatores:

- Maior fatia de mercado com 82% de dispositivos com SO Android [[Gar13](#)];
- Android é uma plataforma de desenvolvimento livre;

⁷<http://www.apple.com/pt/ios>

⁸<http://www.windowsphone.com/pt-pt>

- É capacitada com uma comunidade de desenvolvimento com bastante suporte, e não apresenta restrições quanto ao ambiente de desenvolvimento nem ao SO de computador em que se trabalhe;
- É expectável um menor tempo de desenvolvimento devido à familiaridade com a plataforma de desenvolvimento.

A porção de dispositivos no mercado com SO Android é um fator importante a ter em conta para o desenvolvimento do protótipo, devido à acessibilidade e difusão acrescida que proporciona. Sendo uma plataforma de desenvolvimento livre, que não restringe o ambiente de desenvolvimento nem o SO de computador utilizado, as barreiras de entrada e desenvolvimento da aplicação são praticamente nulas. Como tal, apresenta uma comunidade de *developers* numerosa, que providenciam todo o tipo de suporte e resolução de problemas. A familiaridade prévia obtida nesta plataforma de desenvolvimento é também um fator positivo, implicando uma curva de aprendizagem e tempos de desenvolvimento menores do que utilizando outro tipo de plataformas de desenvolvimento.

3.2 Desenvolvimento Gráfico

Escolhido o sistema operativo móvel onde se irá construir e implementar o protótipo, é necessário definir uma plataforma ou *framework* para desenvolvimento gráfico da solução de visualização formulada. Na pesquisa efetuada, destacam-se três soluções para esse efeito:

- Android Canvas API⁹;
- OpenGL ES¹⁰;
- LibGDX¹¹.

O Canvas é um método nativo de desenho 2D do Android, que o próprio usa para o desenho da sua UI, como afirma Pruett [Pru09]. É a forma disponibilizada pelo Android para se criar, desenhar e animar elementos gráficos na sua plataforma. A sua principal vantagem é fornecer ao *developer* uma forma simples, rápida e intuitiva de aprender e criar as suas animações, devido ao seu suporte nativo e por consequência, a mesma linguagem de programação (Java).

⁹<http://developer.android.com/reference/android/graphics/Canvas.html>

¹⁰<http://www.khronos.org/opengles>

¹¹<http://libgdx.badlogicgames.com>

Contudo, apresenta as suas próprias limitações, especialmente ao nível da *performance*, sendo indicada principalmente para o uso em aplicações que necessitem de desenhar poucas primitivas e *sprites* a cada *frame*, ou que não necessitem de desenhar a cada *frame*, como Pruett refere. Apesar de nas últimas atualizações de versões Android, se ter assistido a melhorias na *performance* do Canvas através do suporte acrescido de aceleração de *hardware*, transferindo operações de desenho criadas pelo CPU para a GPU usando OpenGL, o Canvas ainda não suporta todo o tipo de operações [Dev14].

Pretendendo uma visualização que recorre ao uso de animação para o vento, aliado à inclusão de diversos elementos gráficos e operações de desenho para representar ondas e mapas de costa, é necessário obter o máximo de eficiência e tirar partido de todas as capacidades que um dispositivo móvel apresenta. Como tal, a opção de usar a API do Canvas, apesar de se mostrar como uma mais valia para um desenvolvimento e implementação rápida da solução de visualização de dados formulada, revela-se uma incógnita quanto à sua *performance* futura, o que podia seriamente comprometer o sucesso do protótipo como ferramenta de avaliação. Deste modo, descartou-se esta opção para suportar a solução de visualização.

O OpenGL ES¹² é considerada a biblioteca gráfica *standard* usada na indústria de programação 2D e 3D para dispositivos móveis, segundo Munshi et al. [MGS08]. O OpenGL é uma API gráfica de múltiplas plataformas que define uma interface *standard* de *software* para processamento de gráficos utilizando o GPU, de forma a alcançar desenho acelerado por *hardware*. O OpenGL ES é portanto, uma variação adaptada às necessidades e limitações de um dispositivo móvel, como Munshi et al. referem. A maioria das funções da API do Android Canvas fazem uso das operações gráficas do OpenGL, pelo qual o seu uso direto tem vantagens, das quais se destacam:

- Operações gráficas com grande performance, permitindo um uso intensivo das capacidades do dispositivo;
- É suportado pelo SO móveis Android e iOS;
- Comunidade de *developers* bem estabelecida, com documentação alargada e bem definida;
- Suporte a desenho em 2D e 3D;

No entanto, apesar de todas as vantagens acima descritas, o maior problema apontado é a sua curva de aprendizagem acentuada, que constitui uma barreira para o desenvolvimento do protótipo em tempo útil. A introdução aos conceitos usados pelo OpenGL não é de todo trivial, assim como ainda apresenta a necessidade de utilização de outra linguagem de programação, como a linguagem C. Portanto, a utilização de OpenGL ES não se revela como a forma mais

rápida e eficaz de se implementar a solução de visualização definida, tendo em conta o âmbito e tempo útil em que se insere o desenvolvimento deste trabalho.

O Libgdx é uma *framework* de desenvolvimento gráfico em Java, focando as funcionalidades na implementação de jogos [Lib14]. A sua API suporta um grande número de plataformas, destacando-se o SO Android e iOS nas plataformas móveis. Contudo, a principal vantagem no uso desta *framework* é o recurso ao OpenGL ES para todas as suas operações gráficas, mas fornecendo ao utilizador métodos e formas simplificadas de desenho das suas primitivas, assim como bibliotecas dedicadas a facilitar operações matemáticas e de física, gestão de eventos de *input* e leitura e armazenamento de ficheiros. Desta forma, o uso do Libgdx combina a facilidade e simplicidade do uso da API do Android Canvas, com a *performance* e versatilidade do OpenGL ES, possibilitando uma integração com o protótipo Android simples e intuitiva.

A *framework* Libgdx mostra-se como a opção mais plausível e adequada às necessidades de desenvolvimento requeridas, sendo portanto a opção utilizada para a implementação do protótipo funcional.

3.3 Solução de Representação

Na implementação da solução de representação, é crítico adaptar o conjunto de dados oceanográficos às limitações e restrições de um dispositivo móvel. É fundamental também, usar técnicas de representação e visualização de dados que sejam eficientes e realistas. As subsecções seguintes ilustram o tratamento de dados e as estratégias de visualização implementadas em detalhe.

3.3.1 Conjunto de Dados

De forma a construir um protótipo realista, com uma representação fiel e precisa, foram usados dados fornecidos pelo Instituto Hidrográfico da zona costeira do Porto, Portugal. Esta área encontra-se delimitada nas seguintes coordenadas geográficas: 8.9° a 8.6° W de longitude e 41.0° a 41.5° de latitude (WGS84). Estes dados resultam da execução de modelos numéricos WW3 e SWAN, que permitem analisar as ondas formadas por acção do vento e a sua evolução no espaço e no tempo. Adicionalmente, foram também criados um conjunto de dados fictícios para comparação e testes, na mesma área geográfica.

A resolução espacial original presente no conjunto de dados é de 300x180, ou seja, 300 pontos com dados multivariáveis espaço-temporais entre as coordenadas latitudinais e 180 para as coordenadas longitudinais. Esta resolução permite a representação de 54000 pontos de dados para cada hora de dados.

Como o período estabelecido é de 3 horas, existem num dia de 24 horas, 8 conjuntos de dados que se pode representar. Esta estrutura de dados pode ser vista na Figura 3.1, que ilustra uma fração do ficheiro de dados fornecido pelo IH.

1	%							
2	%							
3	%	Run:C4	Table:Resul12	SWAN version:40.81				
4	%							
5	%	Time	Xp	Yp	Hsig	TPsmoo	PkDir	X-Windv
6	%	[]	[degr]	[degr]	[m]	[sec]	[degr]	[m/s]
7	%							
8		20140502.000000	-8.900	41.0000	1.33742	9.8843	295.000	-2.4694
9		20140502.000000	-8.898	41.0000	1.33706	9.8837	295.000	-2.4695
10		20140502.000000	-8.897	41.0000	1.33678	9.8832	295.000	-2.4696
11		20140502.000000	-8.895	41.0000	1.33658	9.8828	295.000	-2.4697
12		20140502.000000	-8.893	41.0000	1.33638	9.8824	295.000	-2.4698
13		20140502.000000	-8.892	41.0000	1.33619	9.8821	295.000	-2.4699

Figura 3.1: Exemplo de ficheiro de dados disponibilizado pelo IH.

Este apresenta as seguintes variáveis respetivamente:

- Data e hora da medição;
- Coordenadas latitudinais e longitudinais;
- Altura da onda, em metros;
- Período da onda, em segundos;
- Direção da onda, em graus;
- Componente de vector do vento, no eixo horizontal e vertical.

O conjunto de dados com 8 intervalos de horas, em estado bruto, para um dia, apresenta um ficheiro com um tamanho de 49,4 MB. Visto que uma das limitações no uso de um dispositivo móvel é a velocidade de transferência de dados, tal quantidade de dados não poderia constituir uma opção viável para uso. Portanto, houve uma necessidade de reduzir a resolução espacial original para que a transferência de dados se tornasse adequada e adaptada a um dispositivo móvel. Usou-se 1/20 da resolução espacial original, passando a ser 15x9, a resolução usada nas experiências de teste.

3.3.2 Representação dos Fluxos Animados

A animação de fluxos requer um nível de granularidade reduzida de forma a se atingir uma representação fluída e conexas. Com as limitações na transferência e processamento de dados num dispositivo móvel, a quantidade de informação a ser transferida não deve superar certos volumes. Para possibilitar esta representação, é preciso então reduzir a quantidade de dados a visualizar,

onde, uma das formas possíveis de se atingir essa meta, é através da redução da resolução espacial da informação.

A solução tecnológica implementada passa pelo uso de uma grelha com a dimensão da resolução espacial pretendida, através da qual se utiliza uma interpolação bilinear para se conseguir obter os valores da intensidade e direção do vento nos locais onde se pretende criar e animar um fluxo de vento.

A Figura 3.2 mostra o exemplo de uma grelha de dados com resolução de 15x9. Em cada quadrado da grelha, estão definidos os dados válidos para essa área, depois da respetiva redução de resolução espacial original. Contudo, com esta redução de resolução de dados, realizada para reduzir o volume de dados a transferir e armazenar no dispositivo móvel, existe efetivamente uma dificuldade acrescida para a representação de um fluxo animado do vento, como o presente no trabalho de Beccario [Bec14a, Bec14b].

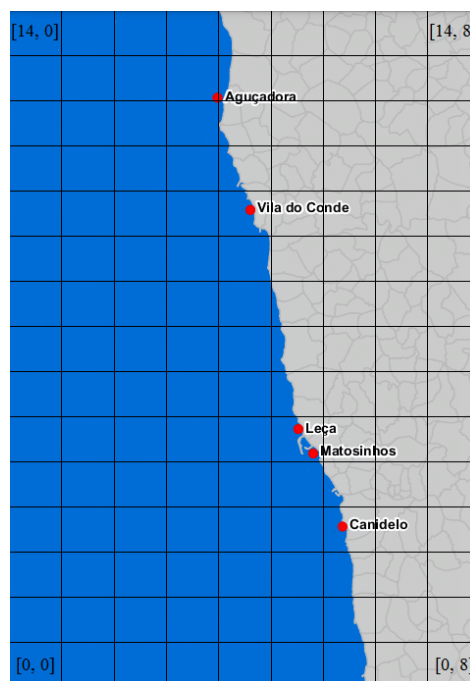


Figura 3.2: Mapa da costa do Porto com grelha de dados, de resolução 15x9.

3.3.2.1 Interpolação Bilinear

Para se conseguir ultrapassar o problema imposto com a redução efetiva da resolução espacial, a solução surge na interpolação bilinear dos dados.

Segundo Yan et al. a interpolação bilinear pode ser definida na área da Matemática, como a “a extensão da interpolação linear para interpolar funções de duas variáveis numa grelha de duas dimensões regular.” [YLS10]. De acordo com o autor, a ideia principal por detrás do

algoritmo da interpolação bilinear é efetuar uma interpolação linear numa direcção (e.g. eixo das abcissas) e interpolar outra vez, noutra direcção (e.g. eixo das ordenadas).

Pretendendo descobrir o valor de uma função f num determinado ponto do mapa, onde $P = (x, y)$, assume-se que se conhece o valor de f nos pontos $Q_{11} = (x_1, y_1)$, $Q_{12} = (x_1, y_2)$, $Q_{21} = (x_2, y_1)$ e $Q_{22} = (x_2, y_2)$. A Figura 3.3 demonstra um exemplo visual da interpolação bilinear. O algoritmo consiste nas interpolações lineares na direcção do eixo das abcissas para se determinar o valor de $f(R_1)$ e $f(R_2)$, como é ilustrado na Figura 3.3. Em seguida, tendo sido obtido os valores da função f nos pontos R_1 e R_2 , é feita uma nova interpolação linear, desta vez no eixo das ordenadas, para ser calculado o valor de f no ponto P .

As equações 3.1 e 3.2 demonstram as primeiras interpolações na direcção do eixo das abcissas.

$$f(R_1) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(Q_{11}) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(Q_{21}), \text{ onde } R_1 = (x, y_1) \quad (3.1)$$

$$f(R_2) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(Q_{12}) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(Q_{22}), \text{ onde } R_2 = (x, y_2) \quad (3.2)$$

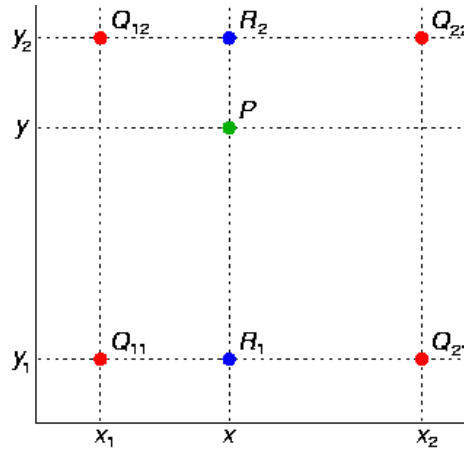


Figura 3.3: Os pontos com dados são os pontos vermelhos Q_{xy} e o ponto que se pretende interpolar é o ponto verde P . Os pontos azuis são pontos de interpolação intermédia [YLS10].

Os pontos R_1 e R_2 , foram determinados então pelo resultado das equações 3.1 e 3.2, interpolando linearmente no eixo das abcissas, os quatro pontos com dados, que são os pontos vermelhos como a Figura 3.3 ilustra. O último passo do algoritmo consiste no cálculo do valor de f para o ponto $P(x, y)$. A seguinte equação demonstra o cálculo:

$$f(P) \approx \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} f(R_1) + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} f(R_2) \quad (3.3)$$

O recurso a esta técnica de interpolação possibilita a obtenção de valores para dados, em todo e qualquer ponto da malha de representação. No entanto, o uso desta técnica, apresenta também as suas desvantagens. A principal, reside no facto de se necessitar de executar múltiplas vezes a função de interpolação, durante o decorrer da visualização, por cada partícula de vento que exista. Isto, proporciona um aumento de carga nas capacidades de processamento do dispositivo móvel, pois quando executadas várias chamadas a funções de interpolação bilinear, torna-se um cálculo intensivo. No entanto, é uma troca necessária, pois permite que se visualize conjuntos de dados com baixa resolução de uma forma eficaz, resolução essa que teve de ser comprimida para ser possível a transferência e armazenamento de dados no dispositivo móvel.

3.3.2.2 Criação e Animação de Partículas

Criada a grelha com a informação oceanográfica a ser visualizada, o passo seguinte assenta na criação e animação das partículas de vento. A lógica para esta animação, baseia-se na criação de um determinado número de partículas em locais aleatórios na grelha, seguido de um cálculo sucessivo das próximas posições através da interpolação bilinear e o seu respetivo desenho. Cada partícula é representada por uma classe que possui a última posição (x, y) em *pixels* onde a partícula foi desenhada (inicialmente a posição é aleatória), a nova posição em que a partícula vai ser desenhada e um tempo de vida.

Existem duas funções responsáveis pela representação do fluxo de vento, uma função que trata o movimento da partícula e outra que a desenha. A primeira função começa por percorrer o *array* de partículas inicialmente criado, com a posições das partículas distribuídas aleatoriamente, e para cada partícula calcula a sua nova posição no mapa, com o recurso à interpolação bilinear. Adicionalmente, cada partícula sofre um decréscimo no seu tempo de vida, ou seja, o tempo que vai estar a ser visível na animação. Caso o cálculo da nova posição da partícula se verifique que se encontra num ponto que está fora dos limites da representação espacial ou o tempo de vida da partícula tenha chegado ao fim, é criada uma nova partícula que a irá substituir na sua posição do *array* de partículas. A função de desenho, simplesmente itera o *array* de partículas, e desenha uma linha entre a última posição (x, y) e a nova posição da partícula, previamente calculada através da função de movimento. Contudo, o desenho de linhas consecutivas entre os últimos pontos que a partícula percorreu, cria meramente um conjunto de linhas que se assemelham a pontos devido à distância muito reduzida entre a posição antiga e a nova, como a Figura [3.4](#) ilustra.

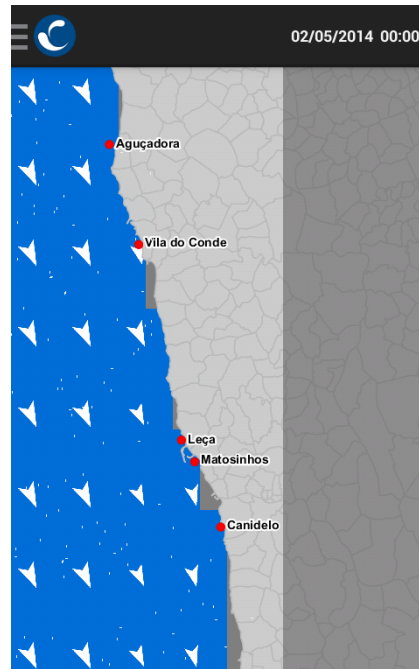


Figura 3.4: Desenho animado de partículas de vento ponto a ponto, sem efeito de fluxo com rasto.

Observa-se na Figura 3.4 que o desenho de partículas, através do uso de linhas, não recria o efeito de fluxo animado com um rasto, isto porque, o último *frame* desenhado é sempre limpo antes das novas acções de desenho do novo *frame*, pois se isso não se sucedesse, a cena apenas apresentaria uma acumulação de todas as operações de desenho criadas desde o início da sua execução. A Figura 3.5 recria esse mesmo efeito, onde os *frames* mais recentes são desenhados em cima dos últimos, o que cria um efeito de acumulação de linhas, que torna a visualização rapidamente imperceptível. Como se pode observar pela Figura 3.5, a desativação da limpeza *frame* a *frame* presente no ciclo de desenho, de modo a possibilitar um efeito de rasto no conjunto de partículas a animar, causa uma visualização incompreensível. Para a criação de um fluxo animado de vento, é necessário portanto, a definição de uma estratégia de criação de rasto. Destacam-se duas formas de alcançar esse objetivo:

- Armazenamento das n últimas posições de cada partícula, redesenhando-as a cada *frame* com opacidade decrescente, à medida que se afastam do ponto atual da partícula;
- Limpeza da área de visualização com cor não opaca, causando uma limpeza gradual de cena.

A primeira forma, consiste uma solução tecnológica de fácil implementação, que consegue alcançar a visualização de fluxo animado pretendido, mas que surge com o sacrifício de memória e poder de processamento, fatores escassos quando se trata de um dispositivo móvel.

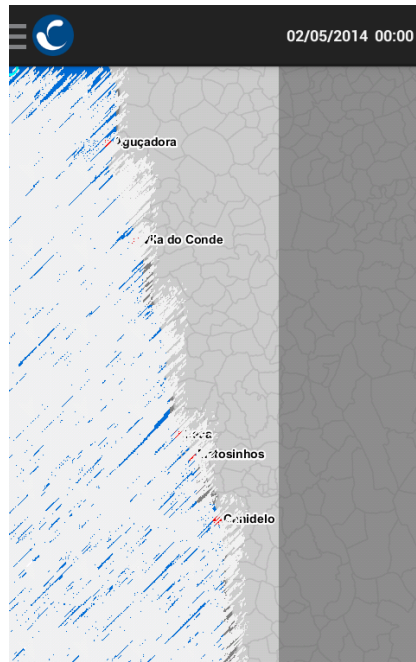


Figura 3.5: Desenho animado de partículas, sem limpeza dos últimos *frames*.

A causa desse sacrifício, centra-se na implementação dessa solução, devido à sua má escalabilidade. Supondo um número global de 1000 partículas, cada uma contendo informação das últimas 300 posições, calcula-se cada *frame* tenha de suportar 300000 operações de desenho de linha, com opacidade variável. Este número global de partículas e de posições a guardar, pode ainda sofrer alterações para números maiores, dependendo da necessidade de se apresentar a visualização para dispositivos com resoluções maiores. Como tal, esta solução torna-se inviável, devido ao seu elevado número de operações de desenho por *frame*.

A segunda solução consiste na aplicação de uma limpeza de ecrã com uma cor de opacidade reduzida, a cada *frame* de desenho, o que causará um efeito de desaparecimento gradual das partículas. Aplicando essa limpeza seguida do desenho da última partícula, tem-se o efeito de fluxo animado do vento, como se pode visualizar na Figura 3.6. Desta forma, apenas existe a necessidade de armazenar a última posição da partícula e realizar a operação de desenho com a nova posição, ou seja, uma operação de desenho de linha por cada partícula presente na visualização, em contraste com o primeiro método.

A nível de cor da partícula, torna-se crítico definir valores que possibilitem uma visualização clara e concisa do elemento, assim como uma representação que não entre em conflito com a visualização de outras variáveis.

No desenho da partícula, o branco é a cor predefinida, mas a sua opacidade é variável mediante o valor de velocidade instantânea da partícula. Quanto maior a intensidade, maior será a sua opacidade, o que faz com que a cor varie de um branco translúcido para um branco completamente opaco, dando a noção de maior força e concentração de partículas nesses pontos.

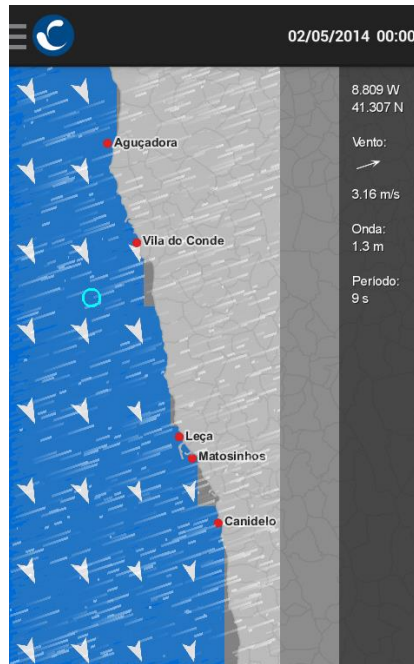


Figura 3.6: Exemplo de visualização das partículas de vento com velocidade média de 3.16 m/s. Opacidade das partículas a 55%.

A opacidade máxima de 100% é atribuída apenas a velocidades de vento superiores a 25 m/s. Na Figura 3.6, para a velocidade média que apresenta a escala de opacidade definida determina que a opacidade das partículas é de 55%. A Figura 3.7 ilustra o mesmo padrão de vento que o da Figura 3.6, contudo, a velocidade média para o vento neste mapa é de 15.8 m/s, cerca de 5 vezes maior que a velocidade verificada na Figura 3.6. Para esta dada velocidade, a opacidade correspondente situa-se nos 80%. Pode-se observar por comparação, que as partículas que o efeito de aumento da opacidade, juntamente com uma maior densidade de fluxos causado por esse mesmo incremento na velocidade, faz transparecer ao utilizador uma maior sensação de velocidade.

As Figuras 3.6 e 3.7 demonstram uma caracterização de um vento estável, que apresenta pouca variabilidade quanto à sua direção e intensidade. Esta visualização é comum e representativa de um conjunto de dados para esta região, onde devido à aproximação à costa feita, não há uma demonstração de grande variabilidade tanto na direcção como intensidade do vento.

A cada momento de desenho da visualização, existem 300 partículas de vento a serem animadas. Um número de partículas relativamente aproximado a este, permite uma representação correta do vento, tanto a velocidades baixas como elevadas. Isto porque, a velocidades menores o comprimento dos fluxos são menores, como a Figura 3.6 demonstra, o que requer um número suficiente de partículas para transmitir ao utilizador a sensação de visualização de vento.

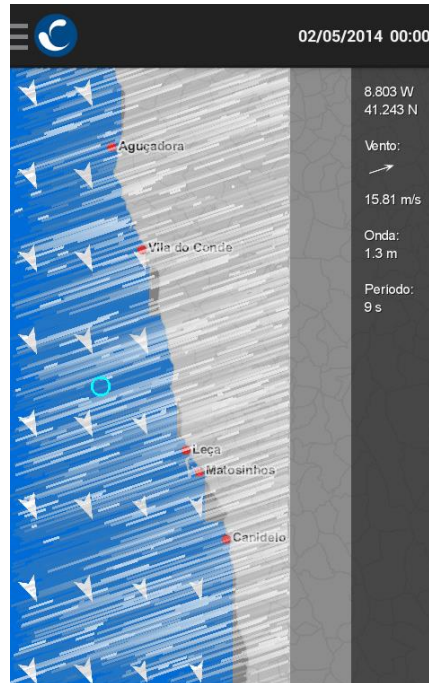


Figura 3.7: Exemplo de visualização das partículas de vento com velocidade média de 15.8 m/s. Opacidade das partículas a 80%.

A velocidades mais elevadas, como a Figura 3.7 ilustra, os fluxos de vento além de serem mais prolongados, apresentam uma cor mais intensa e clara, o que pode causar interferência com o desenho de símbolos de outras variáveis. Através de testes de tentativa e erro, verificou-se que este número de partículas revela-se apropriado para a visualização dos fluxos de vento.

3.3.3 Representação do Símbolo

O símbolo triangular proposto como técnica para visualização de grandezas que precisem de expressar magnitudes e direções, é usado no protótipo para a representação das ondas, tanto na sua altura, como direção. A forma encontrada para representação das variáveis centra-se na obtenção direta dos valores em cada espaço da grelha e o respetivo desenho através da forma triangular. O tamanho do símbolo, de acordo com a técnica de visualização proposta, altera-se mediante o valor da altura de onda. Para uma altura de onda maior, o símbolo é escalado para apresentar uma maior proeminência, e transmitir intuitivamente ao observador que naquele local existe uma maior altura de onda. A operação inversa sucede-se quando no ponto a desenhar o símbolo, a altura da onda é baixa. Para essa definição de tamanhos, recorreu-se ao uso de uma escala para cada altura de onda, como a Figura 3.8 ilustra.

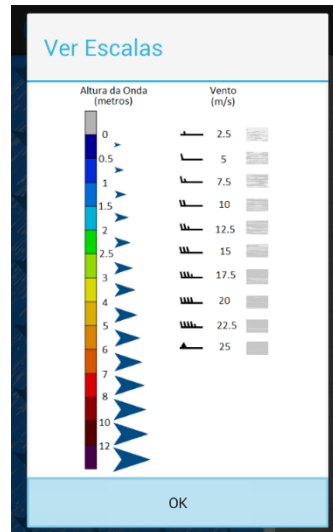


Figura 3.8: Escala de valores do protótipo para a altura da onda e velocidade do vento.

Como se pode observar na Figura 3.8, a escala da esquerda define os tamanhos do símbolo usado para a representação da altura da onda, mediante os valores de altura obtidos. Para a representação da direção, o símbolo sofre uma rotação em graus, correspondente à direcção real da onda, com a orientação a surgir da base do símbolo para o pico. A Figura 3.9 representa uma visualização de ondas, com diferentes direcções e alturas.

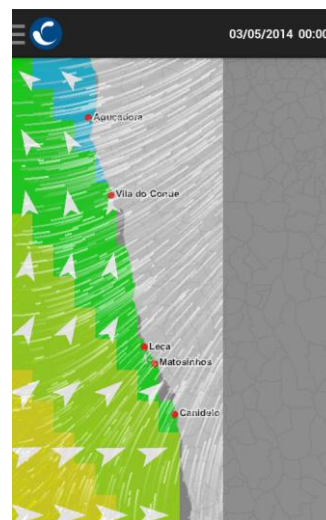


Figura 3.9: Representação da visualização proposta, com ondas definidas pelos símbolos, vento representado através de fluxos animados e altura da onda representada pelo mapa de cores.

Focando a atenção na parte inferior da visualização na Figura 3.9, o símbolo ilustrativo das ondas, apresenta claramente a sua direcção do sentido Este, com um tamanho grande que representa uma altura de ondas superior. Comparando agora, na mesma visualização, a parte superior, pode-se observar que a direcção das ondas já se efetua no sentido Noroeste, com um tamanho de símbolo relativamente mais diminuído, indicando uma área com menor altura de onda.

3.3.4 Representação do Mapa de Cores

Na estratégia de visualização definida na hipótese deste trabalho, previa-se que o mapa de cores seria usado para a representação da temperatura à superfície da água. No entanto, devido à inexistência de dados para estas zonas costeiras, optou-se por usar as cores para efetuar o mapeamento das alturas das ondas, à semelhança da vista clássica presente na aplicação do Instituto Hidrográfico [Por14]. A representação deste mapa de cores é resultado da transformação, segundo uma escala de valores para a altura da onda, dos valores presentes em cada célula da grelha previamente definida para a representação da sua respetiva cor, como se pode observar na Figura 3.9. Por se tratar de uma obtenção direta de valores, existe uma perda de precisão dos dados, pois recorre-se aos dados obtidos com a resolução espacial reduzida. Portanto, a cor como não resulta duma interpolação de vários dados de espaços de grelha adjacentes a esse ponto, apresenta uma precisão que pode não ser a mais correta. A razão pela qual não se opta por realizar uma interpolação bilinear para os dados da altura da onda, à semelhança do que se faz com a animação dos fluxos de vento, é devido à sobrecarga de cálculos imposta. Tendo em conta que já são efetuados cálculos de interpolação para os fluxos, uma adição de cálculos a efetuar para as ondas, causou reduções drásticas na fluidez e taxa de *frames* por segundo, nos testes efetuados. Apesar da visualização alcançada para o mapa de cores não ser a ideal, é satisfatória para os propósitos de representação e casos de testes que foram realizados. A solução para esse problema, passa pelo aumento da resolução espacial da grelha de dados, ou pela transferência de imagens de alta resolução através de serviços *web* que efetuem os processamentos e cálculos necessários, mediante a data e zona geográfica escolhida.

3.3.5 Métodos de Interação

Como complemento à estratégia de visualização proposta, o protótipo foi dotado duma forma do utilizador interagir com a visualização e obter informação detalhada para qualquer ponto do mapa. A Figura 3.10 apresenta a barra lateral direita que apresenta a informação em detalhe para um dado ponto no mapa.

Este complemento é essencial no aumento da extração de conhecimento, assim como aumento da intuitividade da visualização, através da adição de descrições textuais que detalham a informação para um ponto de uma área geográfica que o utilizador seleciona. Adicionalmente, providencia informação textual que não está a ser representada, como o período da onda e as coordenadas geográficas para esse ponto. Inicialmente, a barra de informação em detalhe encontra-se invisível para o utilizador, tornando-se visível aquando o toque em qualquer ponto da área de visualização.

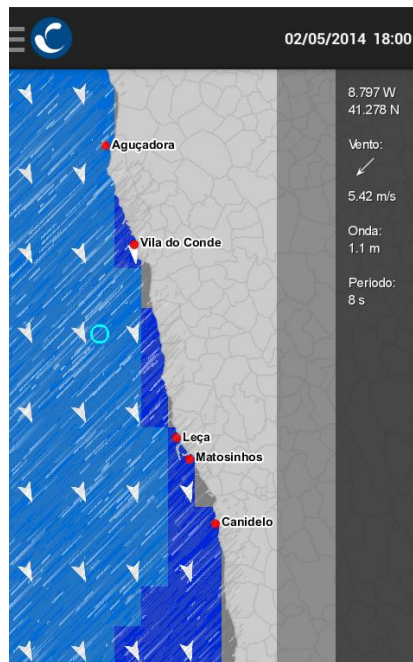


Figura 3.10: Visualização proposta com apresentação de barra lateral com informação em detalhe para o ponto geográfico selecionado.

Para alteração da data que se pretende visualizar, basta clicar na data visível no canto superior direito da Figura 3.10, que irá mostrar uma janela com as datas possíveis e métodos de interação para alteração da mesma, como a Figura 3.11 demonstra.

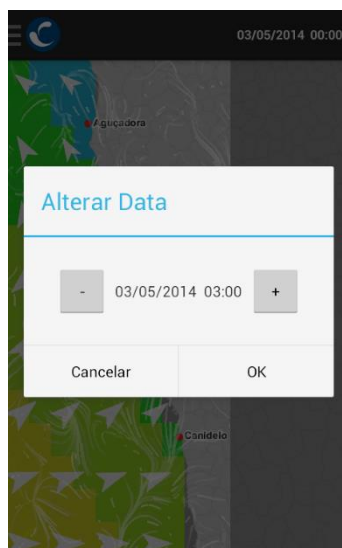


Figura 3.11: Janela com alteração da data de visualização.

Para alternar entre estratégias de visualização (i.e. método de visualização proposto e vista clássica do IH [Por14]) assim como consultar a escala de valores para a altura das ondas e velocidades do vento, disponibilizou-se um menu contendo essas opções, que pode ser visto através do toque no ícone da aplicação que se encontra no canto superior esquerdo, ou através do

swipe ou deslizar de dedos no canto esquerdo da área de visualização. A Figura 3.12 ilustra o menu referido.

Os métodos de interação definidos no dispositivo móvel surgem nas linhas de pensamento de um protótipo com apresentação de uma navegação clara, simples e intuitiva ao utilizador, como Carmo et al. [CAM⁺08] defendem. Como foi visto anteriormente na secção 2.4, o dispositivo móvel apresenta uma área reduzida de interação, e para garantir ao utilizador boa experiência de uso assim como uma visualização, o desenho da interface assume um papel de grande importância nesse sentido.

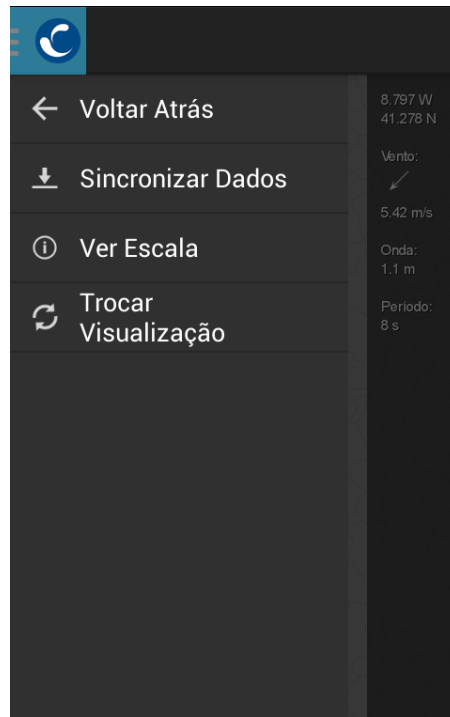


Figura 3.12: Menu de opções do protótipo.

3.4 Sumário

Ao longo deste capítulo, que abordou uma descrição detalhada do protótipo, foram demonstrados os diversos passos e decisões tomadas para a implementação do mesmo. Foram abordadas as razões de escolha do sistema operativo móvel usado para a implementação do protótipo, realizou-se um levantamento das melhores plataformas e *frameworks* para desenvolvimento gráfico no sistema operativo escolhido, uma descrição detalhada do estudo e das soluções encontradas para a implementação da visualização proposta, assim como os métodos de interação presentes no protótipo.

Quanto à secção que descreve as razões de escolha do sistema operativo móvel, foi visto que existem principalmente três tipos de sistema operativo à escolha, todos eles com diferentes características. A escolha incidiu no sistema operativo Android, fundamentada por um maior *marketshare*, facilidade de desenvolvimento por ser uma plataforma livre, apoiada num

acomunidade extensa, com grande disponibilização de documentação e por não apresentar nenhuma restrição quanto ao sistema onde se pode programar. Além disso, a familiaridade com a plataforma de desenvolvimento é uma vantagem, tendo em conta o tempo disponível para a implementação do protótipo definido.

Quanto ao estudo das melhores plataformas e *frameworks* para desenvolvimento gráfico em Android, destacou-se a *framework* Libgdx. As outras plataformas de desenvolvimento seriam a API do Android Canvas e o OpenGL ES.

Os critérios que mais peso tiveram na escolha do Libgdx como *framework* de desenvolvimento gráfico foram:

- Conhecimentos base requeridos para implementação;
- Tempo de desenvolvimento estimado;
- *Performance* da visualização.

Em relação aos conhecimentos base requeridos para a implementação e tempo de desenvolvimento estimado, o OpenGL ES revelou-se como a pior opção, pois requer a aprendizagem de conceitos que não são de todo triviais, assim como a definição de um esqueleto estrutural inicial comunicação com o Android que não se mostra intuitivo e simples. No entanto, quando à sua *performance*, destaca-se efetivamente como a melhor escolha entre as 3 plataformas gráficas de desenvolvimento. Em contraste, a API do Android Canvas encontra-se no outro extremo do espectro em relação ao OpenGL ES, pois já se encontra integrada com o ambiente de desenvolvimento do Android e devido à simples e intuitiva estrutura de programação, o tempo estimado para desenvolvimento do protótipo segundo esta opção, seria consideravelmente mais curto. Contudo, a sua maior desvantagem centra-se na baixa *performance*, pois de momento ainda não existe um suporte total com as operações de desenho eficientes e de alta *performance* do OpenGL ES [Dev14]. No meio do espectro, entre a implementação mais fácil mas com menos *performance*, que é a API do Android Canvas, e a mais difícil mas de alta *performance*, como o caso do OpenGL ES, surge a *framework* de desenvolvimento gráfico Libgdx. Esta engloba as operações gráficas de desenho do OpenGL no seu sistema de desenvolvimento em Java, mantendo portanto esta alta *performance*, ao mesmo tempo que facilita ao *developer* o uso dessas funções. Desta forma, apresenta uma maior necessidade de conhecimentos base e tempo de desenvolvimento requerido que com o uso da API do Android Canvas, contudo sempre menor que quando comparado com o OpenGL ES, e mantém a alta *performance* e eficiência da plataforma do OpenGL ES.

Em relação às soluções de representação, é descrito em pormenor todos os detalhes de implementação das várias técnicas de visualização usadas. É feita uma referência à área geográfica que foi tratada, assim como se encontram definidos os dados oceanográficos que foram

cedidos pelo Instituto Hidrográfico. Em relação à representação de fluxos, foi descrita a forma como se conseguiu atingir a visualização pretendida através do uso da interpolação bilinear. Foi constatado que o uso desta interpolação requer cálculos e processamentos pesados ao dispositivo móvel, pelo que o seu uso deve ser contido. É também definida a forma de criação e animação das partículas do fluxo animado, e em como o uso da técnica de limpeza com cor não opaca consegue é efetiva e eficiente na criação do rasto desejado nas partículas animadas.

Quanto à opção de criação de rasto nas partículas através do armazenamento das últimas n posições, conclui-se que é uma solução que não apresenta escalabilidade futura e que requer o armazenamento de um número demasiado elevado de posições da partícula, assim como de operações de desenho a serem realizadas a cada *frame*.

Em relação à representação do símbolo e à criação do mapa de cores, foi visto que existe uma perda de precisão na visualização dos dados, pois ao contrário do que *acontece* com o uso do fluxo animado, onde os dados a cada ponto são obtidos através da interpolação bilinear dos valores das células adjacentes, o símbolo e o mapa de cores são obtidos com os valores diretos dos dados presentes na grelha de resolução reduzida. A solução para este problema passa pelo aumento da resolução de dados, o que acarretará com maiores necessidades de processamento e armazenamento para o dispositivo móvel, ou pela transferência via serviço *web* do mapa de cores em imagem que corresponda ao conjunto de dados que o utilizador pretende observar. A vantagem do uso do serviço *web* é poder fornecer uma imagem com uma resolução de dados muito superior, onde os cálculos e processamentos são feitos fora do protótipo.

Quanto aos métodos de interação introduzidos no protótipo, conclui-se que a barra lateral que disponibiliza informação textual em detalhe para qualquer ponto geográfico que o utilizador selecione, é um complemento crítico à informação que é visualizada pelas técnicas de representação propostas. Isto porque as técnicas de visualização como o fluxo de ventos, os símbolos e o mapa de cores, são técnicas que conseguem expressar eficazmente noções de grandeza relativas, e como tal, é necessário complementar com uma ferramenta que expresse informação quantificada em detalhe.

Capítulo 4

Avaliação

Neste capítulo descrevem-se as experiências de teste efetuadas, com recurso ao protótipo para avaliação da estratégia de visualização proposta neste trabalho. Apresentam-se também os resultados obtidos e respetiva discussão. A secção [4.1](#) apresenta uma visão geral sobre o modo de avaliação usado. Na secção [4.2](#) é feita uma caracterização do público-alvo das experiências e do respetivo questionário. Na secção [4.3](#) são descritos os cenários de teste do questionário. A secção [4.4](#) apresenta os resultados obtidos dos diferentes testes realizados. Na secção [4.5](#) faz-se a discussão dos resultados obtidos. Finalmente, a secção [4.6](#) apresenta uma conclusão sumária do capítulo.

4.1 Visão Geral

O protótipo desenvolvido e apresentado no capítulo [3](#) é a principal ferramenta de suporte à avaliação para obtenção de resultados e conclusões quanto à eficácia da visualização proposta.

Para a avaliação de resultados, foi elaborado um questionário que se encontra presente no Anexo A. Este questionário foi apresentado a dois grupos distintos de utilizadores. Além do questionário que se encontra em anexo, foi replicado o questionário para a sua disponibilização *online*. Junto com o questionário, foi disponibilizado o protótipo desenvolvido. Adicionalmente foram disponibilizadas imagens e vídeos das estratégias de visualização desenvolvidas, a serem usadas caso não houvesse possibilidade do utilizador instalar o protótipo no seu dispositivo móvel.

O questionário incidiu na obtenção de respostas em relação à eficácia da estratégia de visualização proposta neste trabalho, assim como da visualização clássica equivalente, usada pelo IH [[Por14](#)]. O objetivo final do questionário é, após o tratamento das respostas, aferir o sentimento

dos utilizadores relativamente à eficácia na extração de informação base na visualização clássica do IH e com base na solução de visualização proposta neste trabalho.

Ao longo deste capítulo, a estratégia de visualização proposta neste trabalho será referida como “estratégia proposta”, e a estratégia de visualização clássica usada pelo IH será referida como “estratégia clássica”.

4.2 Público-alvo

O público-alvo para o qual o questionário foi desenvolvido é composto por dois grupos distintos. Um dos grupos é composto por 3 técnicos especialistas em oceanografia do IH. O outro grupo, é constituído por 52 elementos da comunidade académica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O questionário realizado para estes dois grupos distintos tem o objetivo de se analisar e efetuar comparações entre as convergências ou divergências de respostas dadas.

O grupo 1, embora apresente um número reduzido de indivíduos e, por sua vez, limite as capacidades de aferir estatisticamente conclusões mais abrangentes, é de extrema relevância quer pelos conhecimentos específicos nas áreas de oceanografia e hidrografia, quer pela vasta experiência na área de visualização científica de dados. No entanto, para a experiência de avaliação da eficácia de cada uma das estratégias de visualização assumiu-se à partida que as respostas deste grupo podem refletir uma grande familiaridade com a visualização clássica e também um conhecimento prévio, fomentado ao longo de anos, pelo uso das técnicas de visualização usadas nessa estratégia de visualização.

O grupo 2, é constituído por estudantes da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, sem conhecimentos especializadas nas áreas de oceanografia ou visualização científica de dados meteorológicos ou oceanográficos, contrastando assim com o primeiro grupo. Considera-se então que este segundo grupo é, portanto, adequado para o teste da eficácia das duas estratégias de visualização, pois apresenta-se equidistante relativamente ao conhecimento que suporta as duas visualizações. Como tal, constitui um grupo relevante visto que o objetivo principal da avaliação é o de obter resultados quanto à eficácia de cada estratégia de visualização. Idealmente é de interesse que os inquiridos não apresentem outro tipo de conhecimentos na visualização científica de dados meteorológicos ou oceanográficos que possam influenciar as respostas dos elementos desse grupo.

4.3 Cenários de Teste

O questionário realizado incide sobre três cenários de teste. Cada cenário aborda um conjunto de dados próprio, que é apresentado usando as duas estratégias de visualização: a estratégia proposta e a estratégia clássica. As questões incidem na intuitividade com que o

utilizador consegue identificar e compreender as variáveis que se estão a ser visualizadas em ambas estratégias.

Cada cenário de teste, evidencia diferentes conjuntos de dados, um construído a partir de dados reais e os restantes fictícios, de modo a estabelecer visualizações diversificadas e a testar as potencialidades e limitações de cada estratégia de visualização.

4.3.1 Cenário de Teste 1

O primeiro cenário de teste, presente no questionário do Anexo A como “Teste 1”, apresenta um conjunto de dados reais produzidos e disponibilizados pelo IH, e que são o resultado da execução de um modelo matemático de previsão das condições meteo-oceanográficas para as 18:00 do dia 2 de maio de 2014. A Figura 4.1 ilustra a visualização deste conjunto de dados utilizando as estratégias de visualização em comparação (estratégia proposta e estratégia clássica).

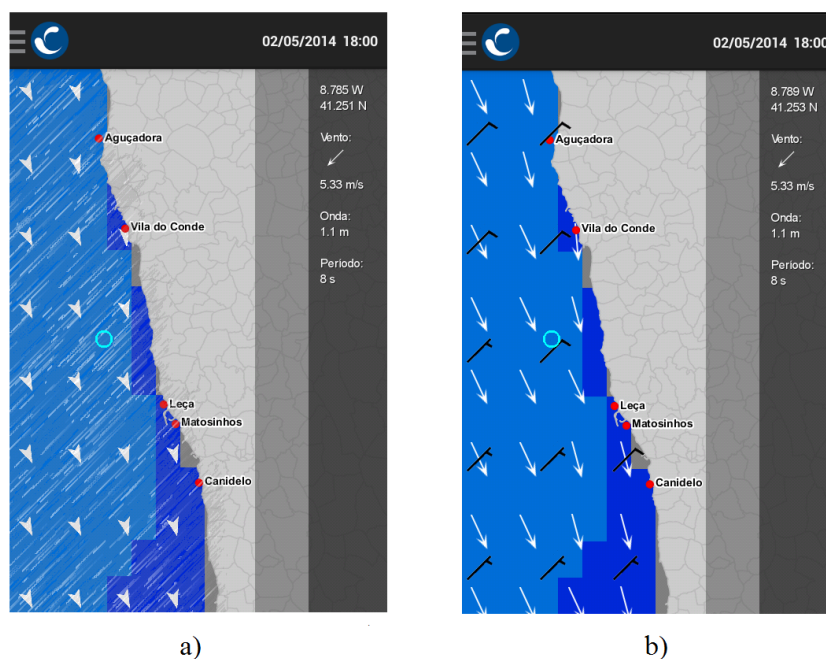


Figura 4.1: Visualização de dados oceanográficos reais segundo a estratégia proposta [a)] e a estratégia clássica [b)], respetivamente.

Nas visualizações da Figura 4.1 pode-se constatar que não existe uma grande variabilidade dos dados, seja na direção e intensidade do vento, seja na altura e na direção das ondas. A direção do vento mantém-se praticamente constante, com direção de Nordeste para Sudoeste, apresentando uma velocidade que varia entre 3.5 e 6 m/s. A altura da onda oscila entre os 1.1 m e 1.4 m, e a sua direção varia muito ligeiramente, como se pode ver na Figura 4.1a representada pelos símbolos triangulares, e na Figura 4.1b visualizada pelas flechas a branco.

4.3.2 Cenário de Teste 2

O segundo cenário de teste, apresenta um conjunto de dados fictícios. A Figura 4.2 ilustra a visualização deste conjunto de dados fictício de dados utilizando a estratégia proposta e a estratégia clássica, respetivamente.

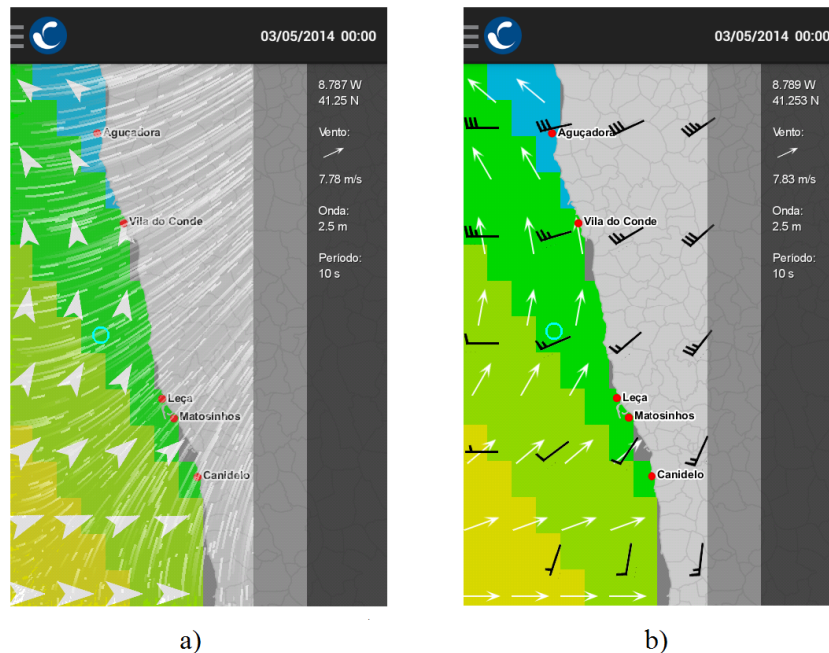


Figura 4.2: Visualização do conjunto de dados fictício criado para o segundo cenário de teste, através da estratégia proposta[a)] e da estratégia clássica[b)], respetivamente.

A necessidade de criação deste conjunto de dados vem ao encontro de estabelecer uma visualização que apresentasse variabilidade de dados, contrastando com o cenário de teste 1 mencionado anteriormente. Desta forma, consegue-se explorar melhor as potencialidades de cada estratégia de visualização e evidenciar as diferenças que as duas apresentam entre si. Como o cenário de teste 1 não apresenta uma grande variabilidade de dados, os contornos de vento e as diferenças de altura definidos segundo as técnicas de visualização (i.e. fluxos animados e símbolos) presentes na estratégia proposta, não são de todo evidenciadas. Como tal, criou-se este conjunto de dados de forma a introduzir algumas diferenças significativas nos valores e, por consequência, apresentar uma visualização diferente.

Apesar do conjunto de dados visualizado neste cenário de teste ser fictício, na verdade ele apresenta uma visualização de dados para o vento que acontece na realidade e pode ser observado a estes níveis de aproximação à costa ou até mais elevados, como a Figura 4.3 ilustra. Pode-se observar na Figura 4.3, que para a costa portuguesa, existem convergências e divergências de vento com alguma variabilidade de intensidade e direção, similares à apresentada na Figura 4.2, onde esta, foi conseguida através da criação de um conjunto de dados fictício.

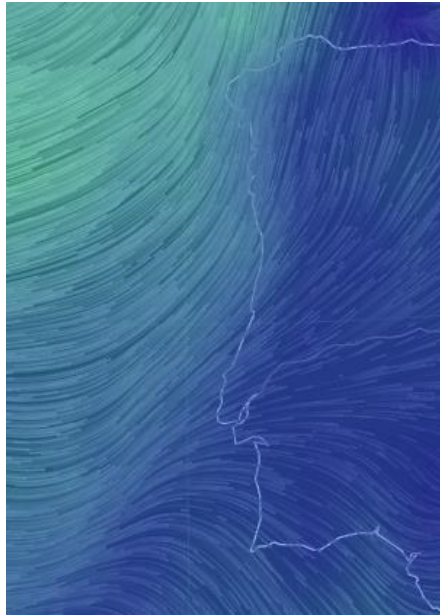


Figura 4.3: Fluxos de vento na costa de Portugal, segundo a visualização de Beccario [Bec14c].

A Figura 4.3 apresenta a visualização de vento segundo fluxos animados de vento de Beccario [Bec14c], ilustrando em destaque a área costeira de Portugal. O autor refere que os dados usados são provenientes das previsões do Global Forecast System¹² (GFS).

A criação do conjunto de dados do vento que é visualizado pela Figura 4.2, partiu da geração de valores para a componentes vetoriais do vento, para cada célula da malha de dados representada na Figura 4.1, presente na secção 3.3 “Solução de Representação”, vista anteriormente. Estes valores das componentes vetoriais são obtidos através dos índices de cada célula da malha de representação. Portanto, a célula [7, 1] terá o valor 7 m/s de intensidade na componente do eixo das abcissas e 1 m/s na componente do eixo das ordenadas.

Em relação à altura da onda, na célula de índice [0, 0] da malha de dados, foi gerado o maior valor de altura, que decresce linearmente pela diagonal, até ao final da malha, a célula [14, 8]. Esta diferença da altura de ondas é expressa na Figura 4.2a através do tamanho do símbolo triangular e da coloração do mapa, e na Figura 4.2b unicamente através da coloração. A direção das ondas foi também manipulada de forma a evidenciar uma curvatura significativa, para o utilizador poder avaliar com melhor capacidade as diferenças nas duas técnicas de visualização (i.e. símbolos triangulares e flechas).

Com este conjunto de dados criado, os valores absolutos da intensidade do vento variam entre 0 a 16.12 m/s, e apresentam uma curvatura notável na sua direção global. A altura das ondas oscilam entre 1.8 a 3.5 metros.

¹²<http://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/global-forecast-system-gfs>

4.3.3 Cenário de Teste 3

O último cenário de teste, apresenta mais um conjunto de dados fictícios. Este conjunto de dados foi criado com o propósito de evidenciar convergências e divergências de vento, assim como a formação de certos fenômenos de vento, tais como ciclones e anticiclones. A Figura 4.4 mostra as duas visualizações desse conjunto de dados, segundo a estratégia proposta e a estratégia clássica, respectivamente.

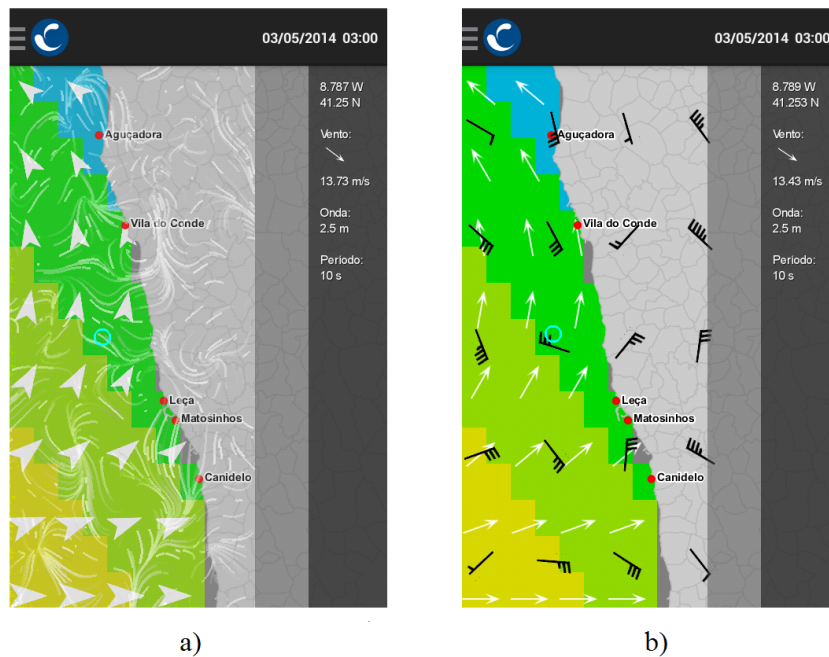


Figura 4.4: Visualização do conjunto de dados fictício criado para o terceiro cenário de teste, segundo a estratégia proposta [a)] e a estratégia clássica [b)], respectivamente.

Neste cenário de teste, a altura e a direção das ondas mantêm-se as mesmas que são verificadas no cenário de teste 2. Este cenário de teste foca-se na visualização de ventos em estados caóticos e de grande variabilidade, seja na sua velocidade com direção. A demonstração deste tipo de fenômenos caóticos com esta aproximação à costa, é altamente improvável. No entanto, a observação deste tipo de fenômenos a uma escala menor (i.e. visualização de uma área geográfica maior) é bastante mais comum, como se observa na Figura 4.5, resultante da visualização de dados reais. Pode-se observar na Figura 4.5, delimitada pela zona do Atlântico Norte, que a ocorrência destes fenômenos existem, e como tal, a Figura 4.4 surge na tentativa de simular a visualização desses mesmos ambientes, a fim de evidenciar as diferenças entre as duas estratégias de visualização, para este tipo de dados.

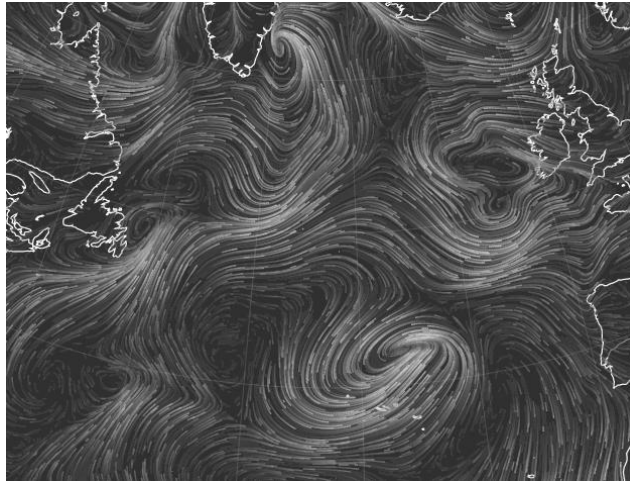


Figura 4.5: Visualização de fluxos animados de vento na zona do Atlântico Norte, segundo o método de Beccario [Bec14d].

A criação destes dados, foi feita através da geração aleatória de valores entre -15 e +15 m/s para cada componente vetorial do vento. Desta forma, a visualização resultante, como se pode observar na observar na Figura 4.4a, apresenta convergências e divergências de vento, evidenciadas pelas diferentes densidades de fluxos animados em cada ponto. A Figura 4.4b representa a mesma informação, mas segundo a estratégia de visualização clássica.

4.4 Experiências e Resultados

Uma experiência é composta pelos três cenários de testes definidos na secção anterior. Para avaliação das soluções de visualização e comparação de diferentes perspetivas, foi repetida a experiência para os dois grupos que compõem o público-alvo: uma ao grupo de especialistas em oceanografia do IH, e outra ao grupo de estudantes da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, como descrito na secção 4.2 “Público-alvo”.

Através de cada experiência pretendeu-se aferir a capacidade das duas visualizações transmitirem eficazmente a informação, assim como o perceber e compreender as variáveis que estão a ser visualizadas, de uma forma clara e intuitiva. Para obter essa informação questionou-se o utilizador quanto aos seguintes parâmetros:

- Capacidade de aferir a direção do vento;
- Interpretação e percepção das diferenças de intensidade do vento;
- Capacidade de aferir a direção das ondas;
- Percepção das diferenças de altura no mapa;

- Percepção de formação de padrões de vento (convergências e divergências).

Para avaliação dos seguintes parâmetros quanto à sua eficácia na representação e transmissão de conhecimento, estabeleceu-se uma gama de valores, variável entre 0 e 9, onde 0 corresponde a uma classificação “Nada Intuitiva” e 9 uma classificação “Muito Intuitiva”.

4.4.1 Primeira Experiência e Resultados

A primeira experiência foi realizada aos elementos do grupo 1 (especialistas em oceanografia do IH). A Tabela 4.1 descreve os resultados obtidos da resposta ao questionário, presente no Anexo A, para o cenário de teste 1 criado.

Tabela 4.1: Avaliação dos elementos do grupo 1 às estratégias de visualização no Cenário de Teste 1.

Cenário de Teste 1		
Parâmetro	Estratégia de Visualização (Média de resultados)	
	Proposta	Clássica
Capacidade de aferir a direção do vento	7.0	8.7
Interpretação e percepção das diferenças de intensidade do vento	4.3	8.3
Capacidade de aferir a direção das ondas	9.0	8.7
Capacidade de perceber as diferenças de altura de onda	6.0	6.7
Média Global de Desempenho	6.6	8.1

Nos resultados obtidos para o cenário de teste 1, criado com o conjunto de dados reais, a estratégia de visualização clássica prevalece globalmente sobre a estratégia proposta, segundo as respostas dadas pelos elementos do grupo 1. O método clássico supera o método proposto em todos os parâmetros medidos, exceptuando a capacidade de aferir a direção das ondas, onde o símbolo triangular usado prevalece ligeiramente sobre as flechas tradicionais.

A Tabela 4.2 descreve os resultados obtidos para o segundo cenário de teste. Pela análise pode-se observar de novo, que a estratégia de visualização clássica é a preferida. No entanto, a margem de desempenho global é neste caso mais reduzida que a que se verifica na Tabela 4.1, do cenário de teste 1. Neste cenário de teste, existe uma variabilidade notável na direção e intensidade do vento, em contraste com o primeiro cenário de teste, e como tal, criou-se a avaliação do

parâmetro de “percepção de formação de padrões de vento (convergência e divergência de vento)” de forma a poder avaliar esta nova introdução de dados.

Tabela 4.2: Avaliação dos elementos do grupo 1 às estratégias de visualização no Cenário de Teste 2.

Cenário de Teste 2		
Parâmetro	Estratégia de Visualização (Média de resultados)	
	Proposta	Clássica
Capacidade de aferir a direção do vento	7.3	8.7
Interpretação e percepção das diferenças de intensidade do vento	5.3	8.7
Percepção de formação de padrões de vento (convergência e divergência de vento)	8.0	6.3
Capacidade de aferir a direção das ondas	8.7	8.7
Capacidade de perceber as diferenças de altura de onda	6.3	8.0
Média Global de Desempenho	7.1	8.1

Na Tabela 4.2 pode-se observar também, que a capacidade de aferir a direção e interpretar as diferenças de intensidade do vento e perceber as diferenças de altura de onda, aumentaram ligeiramente neste cenário de teste quando comparado com o primeiro cenário. Neste cenário, a capacidade de aferir a direção das ondas foi avaliado de forma igual e a percepção da formação de padrões de vento foi melhor transmitida na estratégia proposta. Contudo, a percepção da direção e intensidade do vento, assim como as diferenças de altura, continuam a ser superiores na estratégia clássica, segundo os especialistas do IH.

A Tabela 4.3 mostra os resultados do grupo 1 para o último cenário de teste, o cenário 3. Na Tabela 4.3, que apresenta os resultados do cenário de teste 3, não estão presentes os parâmetros pertencentes à altura e direção das ondas. Isto porque o cenário de teste 3 apresenta os mesmos dados sobre as ondas que o cenário de teste 2, sendo portanto, redundante questionar o utilizador sobre esses mesmos parâmetros de novo. O foco deste cenário de teste é apenas na representação do vento, seja na sua direção, intensidade ou formação de padrões. Observa-se nesta tabela, que a estratégia clássica continua a ser a predominante, especialmente devido às baixas classificações atribuídas aos parâmetros de percepção da direção e intensidade do vento. No entanto, como verificado anteriormente na Tabela 4.2, a percepção na formação de padrões de vento continua a ser melhor classificada na estratégia proposta.

Tabela 4.3: Avaliação dos elementos do grupo 1 às estratégias de visualização no Cenário de Teste 3.

Cenário de Teste 3		
Parâmetro	Estratégia de Visualização (Média de resultados)	
	Proposta	Clássica
Capacidade de aferir a direção do vento	4.7	8.3
Interpretação e percepção das diferenças de intensidade do vento	3.0	8.7
Percepção de formação de padrões de vento (convergência e divergência de vento)	7.3	5.3
Média Global de Desempenho	5.0	7.4

4.4.2 Segunda Experiência e Resultados

A segunda experiência foi realizada pelas respostas ao questionário do Anexo A, mas na sua versão *online*, aos elementos do grupo 2 (estudantes da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto). Os resultados para cada cenário de teste são apresentados sob a forma de tabela, como se pode ver na Tabela [4.4](#).

Tabela 4.4: Avaliação dos elementos do grupo 2 às estratégias de visualização, no Cenário de Teste 1.

Cenário de Teste 1		
Parâmetro	Estratégia de Visualização (Média de resultados)	
	Proposta	Clássica
Capacidade de aferir a direção do vento	7.1	4.6
Interpretação e percepção das diferenças de intensidade do vento	6.4	3.8
Capacidade de aferir a direção das ondas	7.1	5.8
Capacidade de perceber as diferenças de altura de onda	5.6	4.8
Média Global de Desempenho	6.6	4.8

Na Tabela 4.4 é evidente a superioridade da estratégia proposta sobre a clássica, pois a classificação em todos os parâmetros medidos foi maior quando comparada com a estratégia clássica. Existe portanto, uma contradição em relação aos resultados obtidos anteriormente pela avaliação realizada pelos elementos do grupo 1.

A Tabela 4.5 descreve os resultados do grupo 2 obtidos para o cenário de teste 2.

Tabela 4.5: Avaliação dos elementos do grupo 2 às estratégias de visualização, no Cenário de Teste 2.

Cenário de Teste 2		
Parâmetro	Estratégia de Visualização (Média de resultados)	
	Proposta	Clássica
Capacidade de aferir a direção do vento	7.8	4.8
Interpretação e percepção das diferenças de intensidade do vento	7.2	4.5
Percepção de formação de padrões de vento (convergência e divergência de vento)	7.4	3.8
Capacidade de aferir a direção das ondas	7.3	5.6
Capacidade de perceber as diferenças de altura de onda	6.2	5.1
Média Global de Desempenho	7.2	4.8

Novamente, no questionário realizado aos elementos do grupo 2, a estratégia proposta mostra-se superior à estratégia clássica na média global de desempenho, assim como em todas as médias a nível dos parâmetros. Comparando médias globais de desempenho, no questionário realizado ao grupo 1, no cenário equivalente, a estratégia proposta recebeu 7.1 pontos de classificação, um valor muito aproximado destes 7.2, como a Tabela 4.5 mostra. No entanto, enquanto os elementos do grupo 1 classificaram a estratégia em 8.1 pontos, neste quadro demonstra-se que para o mesmo cenário, os elementos do grupo 2 classificaram globalmente em 4.8 pontos, existindo portanto, uma disparidade nos valores e clara contradição entre as classificações.

Por fim, a Tabela 4.6 apresenta os resultados do grupo 2 para o cenário de teste 3. Na análise dos resultados, é notório mais uma vez, que a estratégia proposta supera capacidade de interpretação da estratégia clássica, estando neste caso focada na representação mais caótica e variável do vento, como o cenário de teste 3 mostra. Existe uma diferença clara nas classificações das médias de cada parâmetro, assim como nas médias globais de desempenho de cada estratégia. Destaca-se a percepção de formação de padrões de vento superior da estratégia proposta, que é

demonstrada na Tabela 4.6, assim como nos resultados anteriormente obtidos, tanto pelas respostas dos elementos do grupo 1 como pelos elementos do grupo 2.

Tabela 4.6: Avaliação dos elementos do grupo 2 às estratégias de visualização, no Cenário de Teste 3.

Cenário de Teste 3		
Parâmetro	Estratégia de Visualização (Média de resultados)	
	Proposta	Clássica
Capacidade de aferir a direção do vento	7.1	4.0
Interpretação e percepção das diferenças de intensidade do vento	7.3	4.1
Percepção de formação de padrões de vento (convergência e divergência de vento)	7.6	3.2
Média Global de Desempenho	7.3	3.7

4.5 Discussão de Resultados

A apresentação do resultados na secção anterior revela uma contradição entre as duas populações-alvo que responderam ao inquérito. A Tabela 4.7 demonstra uma síntese dos resultados obtidos para cada cenário de teste, apurando a média global de desempenho de cada estratégia de visualização.

Tabela 4.7: Demonstração das médias globais desempenho das estratégias para cada cenário de teste.

<div>Público-alvo</div> <div>Cenário</div>	Grupo 1		Grupo 2	
	Estratégia de Visualização (Média Global de Desempenho)			
	Proposta	Clássica	Proposta	Clássica
Cenário de Teste 1	6.6	8.1	6.6	4.8
Cenário de Teste 2	7.1	8.1	7.2	4.8
Cenário de Teste 3	5.0	7.4	7.3	3.7

Pela observação da Tabela 4.7 pode-se ver que existe uma percepção completamente distinta sobre a estratégia de visualização mais eficaz e intuitiva. O grupo composto pelos elementos especialistas em oceanografia do IH (grupo 1), pelas respostas dadas, dá preferência à estratégia de visualização clássica. Na Tabela 5.7, os valores obtidos para a estratégia de visualização clássica mostram-se superiores em todos os cenários de teste efetuados. Por sua vez, a segunda experiência, que foi realizada ao grupo de estudantes da FEUP (grupo 2), demonstra que os elementos deste grupo favorecem claramente a estratégia de visualização proposta neste trabalho. Na Tabela 5.7 pode-se observar que as classificações do grupo 2 para a estratégia de visualização proposta superam as classificações globais de desempenho obtidas para a estratégia clássica em todos os cenários de teste. É ainda considerado relevante a diferença na classificação atribuída às duas estratégias pelo grupo 2, apresentando uma margem diferença mais significativa face às classificações atribuídas pelo grupo 1. Esta diferença significativa nas classificações globais de desempenho de cada solução de visualização, encontram-se explicadas nas desigualdades de conhecimento na área da oceanografia, especialmente focada na visualização de informação oceanográfica, de cada grupo das experiências.

O grupo 1 é composto pelos especialistas do IH, que são profissionais dedicados às diferentes áreas da oceanografia e hidrografia. Além do vasto conhecimento na área, eles estão habituados no seu dia-a-dia a trabalhar com a estratégia de visualização clássica. Ora, existente portanto uma condicionalidade na forma de ver e aferir com rigor a eficácia verdadeira de cada estratégia, pois apenas a estratégia proposta neste trabalho é desconhecida para eles. Desta forma, o seu vasto conhecimento prévio das técnicas de visualização da estratégia clássica, fazem transparecer opiniões subjetivas que não são de todo imparciais. Isso explica que neste caso, a estratégia proposta vai ser sempre menos intuitiva para este grupo, que a estratégia clássica, pois requer um esforço adicional de compreensão, devido à mudança de paradigma de representação a que estes elementos estão habituados. Outro fator que influenciou a resposta, foi a amostra reduzida de elementos que foi conseguida. A precisão e importância estatística de apenas três elementos do IH que responderam ao questionário é certamente reduzida, limitando mesmo o levantamento de conclusões quanto ao melhor método

O grupo 2, foi constituído por 52 estudantes da FEUP. Estes podem-se classificar como elementos não especialistas na área da oceanografia e hidrografia, apresentando na sua generalidade, conhecimentos comuns e básicos nesta área. Devido a essas características, este grupo constitui uma base ideal para a aferição de resultados quanto à eficácia de extração de conhecimento de cada estratégia de visualização. Esta diferença de conhecimentos prévios na área e de formas de visualizar informação de cada grupo, explicam as diferenças na escolha de cada método. Como um dos objetivos deste trabalho é a criação de uma solução de visualização que seja intuitiva e facilite a extração de conhecimento, as respostas dadas pelos estudantes constituem um argumento de peso para a aprovação da hipótese inicialmente formulada.

Focando a atenção a um nível de detalhe maior, como é expectável, a classificação dos parâmetros que determinam a capacidade de perceber as diferenças na velocidade e direção de

vento por parte dos elementos do IH, é muito elevada, chegando quase mesmo ao nível máximo de intuitividade, como se pode observar nas Tabelas [4.1](#), [4.2](#) e [4.3](#). Isto porque eles estão treinados a observar e analisar fenómenos de vento segundo estes símbolos (i.e. *wind barbs*), e como tal, para eles o símbolo é bastante claro e intuitivo. A mesma afirmação não pode ser aferida pelas respostas do grupo de estudantes. Nas Tabelas [4.4](#), [4.5](#) e [4.6](#) pode-se verificar que as classificações diferem ± 3 pontos quanto à intuitividade da representação do vento, favorecendo a estratégia de visualização proposta e a sua representação do vento através dos fluxos animados. Outro fator que pode ter em conta numa melhor classificação do *windbarb* para a representação da direção e intensidade do vento, segundo os elementos do IH, é devido à sua quantificação da intensidade do vento. Como foi revisto no capítulo [2](#), Revisão Bibliográfica, os *wind barbs* possuem a capacidade de representar não só a direção do vento, como a sua velocidade instantânea. Essa qualidade permite a obtenção do valor da intensidade do vento a partir do símbolo, onde através dos fluxos, não é possível obter esse valor apenas pela observação. Os fluxos animados são ideais para a noção de intensidades e direções relativas a um local, não sendo capazes de representar com eficácia os valores de intensidade segundo uma escala predefinida. Para colmatar essa falha, foi criado o auxílio da barra de detalhe no protótipo, que representa toda a informação para um dado ponto do mapa. Como os elementos do IH trabalham e operam com visualizações oceanográficas que se encontram todas descritas através de escalas de valores definidas, a interpretação dos fluxos animados pode ser um desafio, fugindo à norma. Essa não quantificação dos valores absolutos da intensidade do vento pode explicar as baixas classificações atribuídas pelo IH ao parâmetro de aferição das intensidades do vento. Em contraste, o grupo de estudantes classificou de forma muito mais elevada, o parâmetro que avalia a capacidade de perceber as direções e intensidades do vento, que pode ser explicado devido à noção intuitiva de direção que os fluxos animados transmitem, assim como a noção de densidade num local para a intensidade do vento, como Bartram e Ware afirmam [[BW02](#)]. A baixa classificação dada em todos os cenários de teste, por parte dos estudantes à estratégia clássica, quanto à direção, velocidade do vento e percepção de formação de padrões, pode ser explicada pelo desconhecimento e dificuldade de interpretação do *windbarb* usado na estratégia clássica. Apesar de ter sido disponibilizada uma escala que evidencia a utilização do *windbarb*, o facto de ser um símbolo desconhecido, que apresenta alguma confusão quando à sua orientação, como Pilar e Ware defendem [[PW13](#)], pode ter sido um fator decisivo na eficácia da estratégia clássica quanto a esses parâmetros.

Em relação à capacidade de perceber a formação de padrões de vento, parâmetro avaliado nos cenários de teste 2 e 3, ambas as experiências validam com clara distinção a técnica de fluxos usada na estratégia proposta. As excelentes capacidades de agregação e associação de informação descritas por Bartram e Ware dos fluxos com movimento, permitem uma rápida percepção de padrões, através da densidade de fluxos, onde com o uso de *wind barbs* a visualização torna-se visualmente mais carregada e com uma dificuldade acrescida na aferição desses mesmos padrões, como Pilar e Ware denotam.

Relativamente à percepção da direção da onda, o resultado em ambas as experiências foi unânime, dando vantagem aos símbolos triangulares usados na estratégia proposta. A explicação pode ser encontrada na melhor expressão de direção do símbolo triangular desenvolvido, pois apresenta uma maior proeminência visual quando comparada com a flecha tradicional.

Em relação à representação da altura da onda, os resultados são mistos. A primeira experiência realizada ao grupo do IH favorece a estratégia clássica, onde a altura da onda é descrita pelo mapa de cores. A segunda experiência realizada ao grupo de estudantes, favorece a estratégia proposta, que representa a altura através do tamanho do símbolo e do mapa de cores, contudo, as margens de diferença não são tão expressivas quando comparadas com as diferenças registadas nos outros parâmetros avaliados. A explicação para essa diferença menos expressiva, pode estar nos tamanhos de escala usados para o símbolo triangular, que são podem ser difíceis de avaliar quando a altura da onda não apresenta grande variabilidade. O mapa de cores também é usado para a altura da onda na estratégia proposta, devido à falta de dados para outras variáveis que pudessem ser representadas (e.g. temperatura da água, salinidade). Apesar da classificação da estratégia proposta quando à percepção das diferenças de altura de onda não ser expressa de forma tão significativa, como foi verificado com outros parâmetros, na globalidade a representação das ondas através do símbolo triangular desenvolvido apresenta uma melhoria em relação à estratégia clássica.

Em suma, as experiências de teste realizadas foram de encontro aos objetivos esperados pela hipótese formulada, favorecendo de forma global, a estratégia proposta quando comparada com a estratégia de visualização clássica usada pelo IH, para este tipo de dados. Conclui-se que as divergências de resultados registadas surgem das capacidades e conhecimentos prévios de cada grupo, onde o grupo de estudantes é apresentado como o público-alvo ideal para o teste quanto à eficácia de cada método de visualização, devido aos desconhecimento geral destes mesmos métodos. Como um dos objetivos do método proposto é a extração eficaz e intuitiva de conhecimento, o facto do grupo com menos conhecimento na área ter favorecido o método proposto, evidencia que este consegue transmitir muito mais clara e eficazmente a informação presente na visualização.

4.6 Sumário

Durante este capítulo fez-se uma descrição dos métodos de avaliação usados, foi definido o público-alvo sujeito ao questionário desenvolvido, explicitados os diferentes cenários de teste, detalhados os resultados da aplicação de cada experiência efetuada, seguida finalmente da discussão dos resultados obtidos.

Na visão geral, foi apresentada a realização de um questionário como forma de avaliação da estratégia de visualização proposta neste trabalho, comparando-a à estratégia clássica usada pelo IH.

O público-alvo foi definido por especialistas em oceanografia do IH e por estudantes da FEUP, aos quais foram enviados questionários. Como diferenças essenciais entre os dois grupos, destaca-se o conhecimento prévio na área em questão, o que, como foi visto, influenciou os resultados obtidos quanto à intuitividade de eficácia de cada estratégia de visualização de dados oceanográficos.

De forma a evidenciar as potencialidades e limitações de cada estratégia, foram criados três tipos de cenários de teste, um deles usa um conjunto de dados reais, com os restantes a serem criados com o objetivo de evidenciar diferentes ambientes de visualização.

As experiências realizadas dividiram-se na aplicação do questionário aos dois grupos definidos, com a avaliação de cada cenário de teste para cada estratégia de visualização. Foi observado que na globalidade, existiu um conflito de estratégias favoritas. O grupo de especialistas do IH favoreceu o método de representação clássico, enquanto que o grupo de estudantes além de ter mostrado preferência pela estratégia proposta, classificou a estratégia clássica com baixos níveis de intuitividade, para todos os cenários de teste. Ao nível de representação de cada variável foi no entanto observado que ambos os grupos preferem a estratégia proposta quanto à satisfação do parâmetro de percepção de formação de padrões de vento e aferição de direções de onda. Os conflitos de resultados obtidos para as outras variáveis, são explicados através do conhecimento prévio na área da oceanografia e visualização de informação oceanográfica que cada grupo possui, que eventualmente influenciou e condicionou a avaliação correta das estratégias quanto à sua eficácia na transmissão de conhecimento e intuitividade geral de representação de cada variável nas estratégias definida.

Capítulo 5

Conclusão

Este capítulo contém as conclusões retiradas da realização da dissertação. A secção [5.1](#) apresenta as conclusões gerais retiradas sobre o trabalho realizado. Na secção [5.2](#) é definido o trabalho futuro.

5.1 Conclusões

O trabalho efetuado ao longo desta dissertação, surge no sentido de criar uma nova solução de visualização de dados oceanográficos espaço-temporais multivariáveis que fosse adaptada às limitações inerentes de um dispositivo móvel (i.e. área de representação e capacidades de processamento e armazenamento limitados). Definiu-se inicialmente os seguintes objetivos específicos para a solução de visualização:

- devido à sua forte relação espacial e temporal, assim como a limitação da área de representação, integrar vários níveis de dados;
- representar um enorme volume de informação, mantendo e até facilitando a interpretação dessa mesma informação, maximizando portanto a sua eficiência na representação de dados e eficácia na assimilação de conhecimento;
- ser intuitivo para o público-alvo;
- ser um método de visualização de referência para aplicações móveis que necessitam de visualizar dados oceanográficos espaço-temporais multivariáveis.

A forte relação espacial e temporal que as variáveis oceanográficas apresentam, indica que há uma necessidade criar uma visualização integrada desses dados, com o objetivo de facilitar a extração de correlações e conhecimento. No entanto, a integração desses dados numa área de representação reduzida, torna-se um desafio. Na avaliação final da solução de avaliação criada, conclui-se que foi possível integrar vários níveis de dados, com o recurso a fluxos animados, símbolos e mapas de cores, assim como representação textual. Verifica-se também as técnicas de representação conseguem coexistir entre si, não prejudicando nem diminuindo a qualidade e percepção das diferentes variáveis, fundamentada pelos valores elevados de intuitividade e percepção de informação obtidos através da avaliação do protótipo.

O enorme volume informação oceanográfica, necessita de uma representação clara e intuitiva da mesma, com o objetivo de facilitar a extração e assimilação de conhecimento por parte do utilizador. Como tal, a solução de visualização criada baseia-se em técnicas de representação de informação eficazes e intuitivas, explorando as capacidades visuais e cognitivas do utilizador através da aplicação de métodos que fazem uso do processamento pré-atentivo (i.e. símbolos para representação de direção e magnitude criados). Adicionalmente, faz uso de técnicas facilmente interpretadas e com excelente nível de percepção, como é o caso dos fluxos animados de vento e o mapa de cores. A conjugação destas técnicas, aliado à representação textual auxiliar, fornece uma forma eficiente de representação de informação, que possibilita a representação de enormes volumes de dados. Fundamentada nos resultados obtidos das avaliações, a proposta de solução desta dissertação apresentou altas classificações na eficácia de transmissão de conhecimento ao público-alvo destreinado e sem conhecimento prévio na área de oceanografia, o que sugere que este objetivo foi claramente atingido.

A intuitividade para o público-alvo é um dos objetivos mais importantes na avaliação da solução de visualização implementada no protótipo funcional. Como tal, o questionário criado (presente no Anexo A), teve o propósito de obter resultados quanto à intuitividade das técnicas de representação usadas para cada variável oceanográfica abordada. Nas duas experiências de teste realizadas a dois grupos de utilizadores distintos, obteve-se resultados contraditórios. O primeiro grupo, composto por elementos do IH, favorece a estratégia de visualização clássica, ao contrário do grupo de estudantes, que prefere claramente a estratégia de visualização proposta. Na análise efetuada, ambos os grupos favorecem a capacidade de expressão da direção da onda, através do símbolo triangular, assim como a capacidade de formação de padrões de vento pelo uso da técnica de representação através de fluxos animados. Observa-se também que as classificações globais para a estratégia proposta, são semelhantes nos cenários de teste 1 e 2, para os dois grupos, sendo acentuada no cenário de teste 3 pelo grupo de estudantes. Contudo, enquanto que o grupo do IH classifica com altas índices de intuitividade a estratégia clássica, o mesmo não se sucede no grupo de estudantes, que atribui globalmente uma fraca intuitividade e eficácia de representação a essa estratégia. Pela análise, explica-se que as elevadas classificações dadas pelos elementos do IH à estratégia clássica, surgem do conhecimento prévio dos métodos dessa estratégia a serem avaliados, e como tal traduzem-se numa maior percepção e intuitividade

dos mesmos. Em contraste, o grupo de estudantes, não possuindo conhecimento específico dessas técnicas, classificaram cada estratégia segundo as suas próprias percepções e intuição de cada técnica de representação. Pode-se concluir, que o grupo de maior relevância para a avaliação da eficácia das estratégias, é o grupo de estudantes, pois estes são “destreinados” nas questões de visualização de informação e não possuem uma visão predefinida dos conceitos de visualização, que como tal, permitem uma resposta mais fidedigna e real da intuitividade de cada estratégia. Ora, focando a atenção nas respostas dadas por esse grupo, conclui-se que a solução de visualização proposta apresenta uma superioridade evidente em relação à solução clássica, quanto à intuitividade e percepção global de cada variável representada.

Esta solução de visualização apresenta características de visualização eficiente e eficaz de dados, apoiada nos resultados obtidos através da avaliação do protótipo funcional implementado, podendo vir a ser uma solução de referência para aplicações móveis que precisem de integrar uma visualização de dados oceanográficos espaço-temporais multivariáveis.

5.2 Trabalho Futuro

Como trabalho futuro, define-se a melhoria do algoritmo de criação e animação de partículas, ao nível da implementação tecnológica para dispositivos móveis. Esta melhoria pode ser conseguida através do somatório de todas as velocidades das partículas em cada célula da malha de dados, seguida de uma nova iteração pelas células e determinação da percentagem de velocidade face ao total da soma. Após a determinação dessa percentagem para cada célula, o número total de partículas a ser criado em cada célula deve estar de acordo com essa percentagem. Adicionalmente, cada partícula deve estar associada a uma só célula, e quando a partícula chega ao fim do seu tempo de vida, é recriada na mesma célula.

Na aplicação da estratégia proposta ao conjunto de dados reais disponibilizados pelo IH, verificou-se que ao nível de aproximação da área geográfica abordada, não existe uma grande variabilidade de dados, o que causa um subaproveitamento das potencialidades da estratégia proposta, através da representação de fluxos animados, símbolos e mapa de cores. Como tal, a aplicação desta estratégia em níveis mais superiores (e.g. costa portuguesa, costa ibérica, continental, etc.) pode potenciar usos mais vantajosos.

Ao nível da representação de variáveis, a estratégia proposta foi pensada na representação do vento, ondas e temperatura, mas há a possibilidade de representação de outras variáveis oceanográficas (e.g. correntes marítimas, salinidade do mar, marés, etc.) assim como a possibilidade de aplicação em áreas distintas de visualização de informação científica, como a Física.

Uma das limitações deste trabalho, foi a falta de avaliação da *performance* do protótipo relativamente à transferência de dados móveis. Propõe-se como trabalho futuro a implementação

Conclusão

de um serviço *web* e da respetiva API, para a disponibilização de dados, assim como adaptação do protótipo para a recepção desses mesmos dados.

Anexo A

Questionário

Em anexo, apresenta-se o seguinte questionário elaborado para avaliação da solução de visualização criada, materializada no protótipo funcional.

Avaliação da estratégia de visualização

Teste 1

Estratégia 1 – Visualização proposta neste trabalho

Estratégia 2 – Vista clássica

Responda às seguintes questões, nos três tipos de casos de teste, classificando-as de **0 a 9** em que 0 corresponde a '**Nada intuitivo**' e 9 corresponde a '**Muito intuitivo**'. O avaliador pode, para cada questão, acrescentar um comentário qualificativo relativamente à avaliação apresentada, introduzindo propostas construtivas à continuação deste trabalho.

De forma a evidenciar as diferenças entre os dois tipos de estratégia de visualização a comparar, pede-se que o utilizador observe a representação visual relativa ao conjunto de dados do dia **02/05/2014**, às **18:00h**.

Questão 1

Como classifica a estratégia 1, relativamente à capacidade de aferir a direção do vento?

Avaliação : 0 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9

Comentário :

Questão 2

Como classifica a estratégia 2, relativamente à capacidade de aferir a direção do vento?

Avaliação : 0 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9

Comentário :

Questão 3

Como classifica a estratégia 1, relativamente à interpretação e percepção das diferenças de intensidade do vento?

Avaliação : 0 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9

Comentário :

Questão 4

Como classifica a estratégia 2, relativamente à interpretação e percepção das diferenças de intensidade do vento?

Avaliação : 0 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9

Comentário :

Questão 5

Como classifica a estratégia 1, relativamente à capacidade de aferir a direção das ondas no mapa?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Questão 6

Como classifica a estratégia 2, relativamente à capacidade de aferir a direção das ondas no mapa?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Questão 7

Como classifica a estratégia 1, relativamente à capacidade de perceber as diferenças de altura de ondas no mapa?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Questão 8

Como classifica a estratégia 2, relativamente à capacidade de perceber as diferenças de altura de ondas no mapa?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Questão 9

Comentários à simbologia utilizada na representação da direção e altura das ondas na estratégia 1 (forma, cor, agregação). Agradece-se quaisquer propostas que potenciem uma melhor apreensão da informação partilhada com o utilizador.

Questão 10

Outros comentários.

Teste 2

Estratégia 1 – Visualização proposta neste trabalho

Estratégia 2 – Visualização utilizada pelo IH no sítio ‘Qual é a tua onda’

De forma a evidenciar as diferenças entre os dois tipos de estratégia de visualização a comparar, pede-se que o utilizador observe a representação visual relativa ao conjunto de dados do dia **03/05/2014**, às **00:00h**.

Questão 1

Como classifica a estratégia 1, relativamente à capacidade de aferir a direção do vento?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Questão 2

Como classifica a estratégia 2, relativamente à capacidade de aferir a direção do vento?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Questão 3

Como classifica a estratégia 1, relativamente à interpretação e percepção das diferenças de intensidade do vento?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Questão 4

Como classifica a estratégia 2, relativamente à interpretação e percepção das diferenças de intensidade do vento?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Questão 5

Como classifica a estratégia 1, relativamente à capacidade de percepção de formação de padrões de vento (convergência e divergências de vento)?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Questão 6

Como classifica a estratégia 2, relativamente à capacidade de percepção de formação de padrões de vento (convergência e divergências de vento)?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Questão 7

Como classifica a estratégia 1, relativamente à capacidade de aferir a direção das ondas no mapa?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Questão 8

Como classifica a estratégia 2, relativamente à capacidade de aferir a direção das ondas no mapa?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Questão 9

Como classifica a estratégia 1, relativamente à capacidade de perceber as diferenças de altura de ondas no mapa?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Questão 10

Como classifica a estratégia 2, relativamente à capacidade de perceber as diferenças de altura de ondas no mapa?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Teste 3

Estratégia 1 – Visualização proposta neste trabalho

Estratégia 2 – Visualização utilizada pelo IH no sítio ‘Qual é a tua onda’

De forma a evidenciar as diferenças entre os dois tipos de estratégia de visualização a comparar, pede-se que o utilizador observe a representação visual relativa ao conjunto de dados do dia **03/05/2014**, às **03:00h**.

Questão 1

Como classifica a estratégia 1, relativamente à capacidade de aferir a direção do vento?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Questão 2

Como classifica a estratégia 2, relativamente à capacidade de aferir a direção do vento?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Questão 3

Como classifica a estratégia 1, relativamente à interpretação e percepção das diferenças de intensidade do vento?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Questão 4

Como classifica a estratégia 2, relativamente à interpretação e percepção das diferenças de intensidade do vento?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Questão 5

Como classifica a estratégia 1, relativamente à capacidade de percepção de formação de padrões de vento (convergência e divergências de vento)?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Questão 6

Como classifica a estratégia 2, relativamente à capacidade de percepção de formação de padrões de vento (convergência e divergências de vento)?

Avaliação : 0 – 1 –2 –3 –4 –5 –6 –7 –8 –9

Comentário :

Anexo B

Artigo Submetido

Em anexo, apresenta-se o seguinte artigo submetido para as 3.^{as} *Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, promovidas pelo Instituto Hidrográfico, decorridas em Lisboa, entre 24 e 26 de junho de 2014. O artigo foi aceite e publicado nas *Actas das 3.^{as} Jornadas de Engenharia Hidrográfica*.

Visualização de Dados Oceanográficos em Dispositivos Móveis

R.Gomes (1), A.Carvalho (1,2), M.A.Oliveira (2)

(1) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, ei09057@fe.up.pt

(2) INESC Porto

Resumo: O alargamento das redes de banda larga, o aumento da velocidade de transferência de dados e o livre acesso à informação através da Internet têm contribuído para o aumento da utilização de dispositivos móveis. Também no domínio da oceanografia operacional são ferramentas de consulta ubíqua e atualizada de produtos. Aqui, os observatórios oceanográficos assumem um papel importante na integração e disponibilização em formatos normalizados, livres e abertos, de dados de diversas instituições. O volume de dados, a combinação de informação complexa e multivariável com natureza espaço-temporal aliado à dimensão reduzida do espaço de representação, tornam a visualização de dados de oceanografia operacional num desafio. O presente trabalho propõe uma solução de visualização através da combinação de diferentes técnicas de visualização científica, que exploram propriedades gráficas, tais como a forma, cor e simbologia. A metodologia usada assenta na conceção e prototipagem funcional, seguida da avaliação dos resultados por especialistas.

Palavras-chave: Visualização Científica, Dados Multivariável, Dados Espaço-temporais, Dispositivos Móveis.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento e a forte expansão de dispositivos móveis, tais como os *smartphones* e os *tablets* (gartner 2013) aliado à expansão das redes de banda larga e ao aumento das velocidades de transferência de dados tornaram o acesso à informação cada vez mais simples e ubíquo. Em paralelo, nos últimos anos, assistiu-se a um aumento significativo do volume e da complexidade da informação que está acessível. A consulta de grandes volumes de informação em dispositivos móveis, normalmente com ecrãs de dimensões reduzidas, acarreta desafios devido à limitação física do espaço de representação e às imposições que estes dispositivos apresentam (capacidade de processamento e armazenamento). Surge a necessidade de adaptar a representação da informação de acordo com as condições específicas de cada dispositivo e com os objetivos de consulta da informação, pelo utilizador.

Atualmente, os observatórios oceanográficos como, por exemplo, o Observatório RAIA, integram informação científica (observada e produzida por diferentes instituições) e disponibilizam meios para o acesso livre a esses dados, de oceanografia operacional, em formatos abertos e normalizados.

O presente trabalho surge no âmbito do estudo de uma solução de visualização de informação relativa à oceanografia operacional para dispositivos móveis, que necessita de disponibilizar ao utilizador a capacidade de visualizar dados científicos complexos (multivariável com natureza espaço-temporal) de uma forma integrada, expedita e que promova a fácil leitura da informação apresentada, nomeadamente para a visualização dos resultados de modelos de previsão de condições meteorológicas e das ondas formadas por ação do vento bem como a sua evolução no espaço e no tempo.

Este trabalho materializa-se num protótipo funcional de uma aplicação móvel, que visa a possibilidade de serem realizados testes por utilizadores finais e outros *stakeholders*, de modo a aferir a eficácia da solução de visualização de informação e a sua integração numa aplicação final.

2. PROBLEMA

A visualização de informação em dispositivos móveis é severamente limitada pelas características físicas, a destacar: a reduzida dimensão da área disponível para a visualização e para a interação, a capacidade de processamento e de armazenamento. Adicionalmente, os produtos de previsão de condições meteorológicas e oceanográficas são exigentes relativamente à transferência de dados, devido à multiplicidade de variáveis existentes e da sua correlação, o que torna indispensável a sua representação simultânea. A natureza espacial e temporal dos dados torna também necessária uma visualização integrada, no sentido de maximizar a extração visual de conhecimento. Face a estas observações, identificou-se um desafio ao nível da visualização científica de dados de oceanografia operacional, que integre múltiplos temas, em dispositivos móveis e que potencie a interpretação e análise visual dos resultados.

3. ESTADO DA ARTE

Esta secção descreve o trabalho relacionado considerando o desafio científico apresentado no final da secção anterior, relativo a um problema de visualização científica de dados oceanográficos espaço-temporais multivariáveis. Foi realizado um levantamento das técnicas e soluções de representação visual de informação mais utilizadas na área da Oceanografia Operacional.

Na representação visual das condições oceanográficas foram identificadas conjuntos de técnicas relativas à representação de temperaturas,

intensidades e direções (ventos e correntes), alturas e períodos (ondas), entre outras consideradas menos relevantes no âmbito deste trabalho.

As secções seguintes descrevem o trabalho relacionado relativo a estes conjuntos de técnicas.

3.1 Vento

O vento é um fenómeno relevante para a caracterização de condições meteorológicas ótimas para a prática de desportos náuticos, devido à influência que exerce sobre a formação e rebentação das ondas do mar na costa (douglass 1990). Para representar o vento é essencial evidenciar na visualização dois dos seus atributos: a sua intensidade, que se traduz num valor escalar, e a sua direção, que pode ser representada vetorialmente. Para representar este fenómeno foram já propostas várias técnicas, tais como: vetores, mapa de cores, fluxos e *wind barbs* (ware 2009a). O uso de vetores para representação do vento tem, normalmente, associado um mapa de cores como fundo da representação. Esta combinação deve-se ao facto de se conseguir expressar a direção do vento através da orientação dos vetores, assim como visualizar as diferentes intensidades utilizando o mapa de cores, onde cada cor está associada a uma escala de valores possíveis (agbm 2014). Outra técnica, os *wind barbs*, faz uso de símbolos para representar simultaneamente direção e intensidade. A Figura 1 ilustra símbolos de *wind barbs*, onde a direção do vento é dada pela orientação das hastes ou bandeira até à ponta da linha e a velocidade do vento (indicada em nós), é representada pelas hastes. Cada haste representa 10 nós, e cada meia haste representa 5 nós. Uma bandeira representa 50 nós.

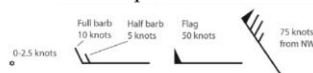


Figura 1: Wind barbs, uma representação do vento, de uso generalizado na meteorologia e na oceanografia.

A vantagem do uso de *wind barbs* reside no facto de, com apenas um símbolo, ser possível representar duas variáveis de natureza espaço-temporal (a direção e a intensidade).

No entanto, a compactação da informação nesta simbologia, assim como o desenho da mesma, pode não ser a forma mais eficaz, se considerarmos que este nível de representação pode estar acumulado com outros níveis, tornando a sua análise visual pouco perceptível e intuitiva. Segundo Pilar e Ware (pilar 2013), um observador destreinado pode ter dificuldade de interpretação de *wind barbs*: por exemplo, considerar que a direção é representada pelas hastes ou bandeirolas, que é o espaço mais pregnante no símbolo. De acordo com estes autores existem outros métodos desenvolvidos que apresentem uma melhoria significativa em relação aos *wind barbs* conseguidos através da variação de pesos de linha, graus de contraste ou tamanho de glifos. De referir os trabalhos de Ware, Mitchell e

Kelley (ware 2009a) e de Fowler e Ware (fowler 1989).

Outra forma de visualização do vento é a representação sob a forma de fluxos ou *streamlines*, que se caracteriza pelo uso de animação com o objetivo de representar a ideia de movimento do vento. Trata-se de uma representação dinâmica, por contraste com as representações anteriores.

O uso de movimento na visualização pode ser um elemento com boas capacidades de associação visual e discriminação entre diferentes variáveis, como é sugerido por Bartram e Ware (bartram 2002). A Figura 2 apresenta uma visualização criada por Beccario (beccario 2014), que contém a visualização de ventos pelo método de representação de fluxos.

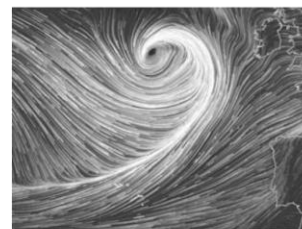


Figura 2: Mapa de ventos com técnica de fluxos (beccario 2014).

O exemplo da Figura 2, apresenta a visualização do movimento do vento para a zona do Oceano Atlântico que banha a costa portuguesa. Apesar de a imagem constituir um *snapshot* de uma representação dinâmica é facilmente extraída informação sobre o estado e movimentação do vento, onde uma maior velocidade está associada a uma maior densidade de fluxos. Além de uma percepção intuitiva da velocidade do vento num dado local, a sua direção e orientação são extraídas facilmente através da representação de movimento. Com *wind barbs*, a representação do ciclone (Figura 2) apresentar-se-ia visualmente mais sobrecarregada, dificultando a aferição de padrões (pilar 2013).

3.2 Temperatura

A temperatura é outro fenómeno relevante relativo à caracterização dos oceanos na perspetiva de alguns desportos náuticos. Nas técnicas de visualização científica, a temperatura é vulgarmente representada por mapa de cores, sendo a forma de visualização mais utilizada tanto ao nível da meteorologia como da oceanografia (ware 2012). A codificação de valores de temperatura é realizada através de uma escala contínua (gradientes) de cores. É frequentemente associada cores “frias” (tons de azul) a temperaturas baixas, e cores “quentes” (tons de vermelho) a temperaturas mais elevadas (ware 2012).

3.3 Altura, período e direção das ondas

A altura, período e direção das ondas são outros fenómenos relevantes para a caracterização dos oceanos. Para estas variáveis, a forma mais comum de representar é: (a) através de mapa de cores, para a altura das ondas; (b) flechas para a direção das

ondas; e (c) texto para o período das ondas. Estas variáveis podem ser representadas de uma forma não integrada. No entanto, esta abordagem compromete a correlação espaço-temporal entre as variáveis. Baseado no pressuposto de Ware (ware 2009b) se duas ou mais variáveis podem ser combinadas numa só imagem, o mapa resultante pode facilitar a comparação e inter-relação dessas variáveis, assumindo que as variáveis em questão conseguem ser percebidas independentemente.

3.4 Processamento Visual Pré-Atentivo

Adicionalmente ao levantamento realizado sobre a representação de dados de oceanografia operacional, foi também realizado um levantamento relativo a técnicas de processamento visual pré-atentivo.

A utilização de elementos pré-atentivos no modelo de visualização de informação pode então ser uma ferramenta muito útil para a organização de elementos gráficos de forma garantir uma procura visual imediata de determinado alvo. A orientação, cor, forma e tamanho são elementos que podem ser exploráveis, permitindo que determinadas variáveis sejam representadas.

Esta é uma área que surge do estudo e investigação efetuadas na área da psicologia e da visão humana, como forma de compreender como é que o sistema visual humano analisa imagens. Segundo Healey, Booth e Enns (healey 1993) existem propriedades visuais que são processadas pelo sistema visual pré-atentivo. Segundo estes autores uma tarefa de pesquisa visual é pré-atentiva quando consegue ser realizada sobre a visualização de um grande número de elementos, em tempos inferiores a 200 milissegundos. De salientar que o tempo associado à pesquisa visual é independentes do número de elementos visuais que estão a ser apresentados. Na Figura 3 apresenta um exemplo de pesquisa visual pré-atentiva. Neste exemplo, a tarefa de pesquisa visual consiste na deteção de um círculo cheio dentro de um conjunto de outros elementos. Define-se que todos os objetos que não sejam o alvo da procura como os distratores.

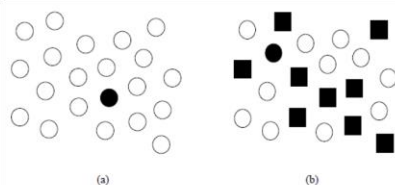


Figura 3: Exemplo duas tarefas de deteção: pelo sistema visual pré-atentivo (healey 1996).

Como se pode observar na Figura 3a todos os objetos distratores são círculos vazios e o objeto-alvo tem então uma característica visual única que o distingue. Assim é possível detetar de forma pré-atentiva o objeto alvo. Por contraste, na Figura 3b, o objeto alvo já partilha de características comuns com

outros objetos distratores. Por conseguinte, impossibilita a pesquisa pré-atentiva.

O uso de processamento visual pré-atentivo numa visualização pode permitir que o acesso visual a certas variáveis seja feito de forma imediata, aumentando e otimizando a eficácia visual da mesma.

4. VISUALIZAÇÃO DE DADOS DE OCEANOGRAFIA OPERACIONAL

Na sequência do levantamento de trabalho relacionado, apresentado nas secções anteriores, a Figura 4 ilustra a solução proposta para responder às necessidades de visualização integrada de dados oceanográficos espaço-temporais multivariáveis em dispositivos móveis.

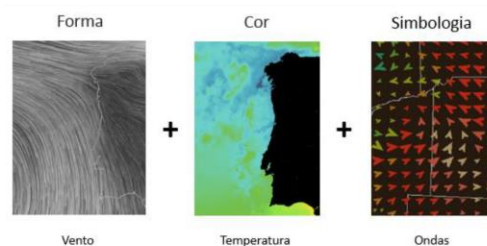


Figura 4: Ilustração da hipótese proposta, uma combinação de diferentes representações de forma, cor e simbologia.

Na Figura 4 é possível observar os três tipos de representações que são combinadas para criar a visualização integrada presente na Figura 5.

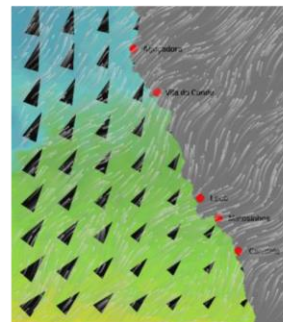


Figura 5: Visualização proposta com a combinação de forma, cor e simbologia.

Com vista a integrar estes dados oceanográficos espaço-temporais multivariáveis, utilizou-se combinações de forma, de cor, de simbologia e de texto. A forma está associada à representação do vento, tanto na sua intensidade como direção, onde o efeito é conseguido através do recurso a fluxos animados. A mesma técnica poderia ser aplicada a outros fenómenos como, por exemplo, correntes. No entanto, para uma mesma representação, a combinação simultânea de dois elementos dinâmicos pode introduzir confusão visual.

Nesta solução, o uso da cor está associado a temperatura à superfície do mar, através do uso de

um mapa de cores com uma escala própria associada.

Para a representação da altura das ondas é utilizada a representação com recursos à simbologia, por oposição ao método de visualização utilizado pelo Instituto Hidrográfico (hidrográfico 2014) onde esta variável é representada por um mapa de cores.

A simbologia acumula ainda a representação visual de outras grandezas, designadamente, a direção da onda, mapeada com a orientação do símbolo. O símbolo usado (triângulo) permite uma consulta/pesquisa visual simplificada, quando confrontada com outros símbolos potencialmente alternativos.

5. CONCLUSÕES

O presente estudo encontra-se em fase de avaliação de resultados. Para este efeito encontra-se desenvolvido um protótipo funcional que será usado por utilizadores finais e *stakeholders*, com o objetivo de aferir a eficácia da solução de visualização científica proposta.

Tem-se como hipótese deste estudo que a aplicação de métodos de visualização de dados multivariáveis e de métodos de cognição visual pré-atentiva possibilitem uma maior acumulação de dados numa área de representação limitada, como a dos dispositivos móveis, conseguindo de forma eficaz a extração visual de conhecimento.

Para validar a hipótese apresentada definiram-se os seguintes objetivos, que devem ser cumpridos:

- visualização integrada de dados oceanográficos espaço-temporais multivariáveis adaptada às limitações inerentes dos dispositivos móveis;
- maximização da eficiência na representação de dados e eficácia na extração de conhecimento pelo público-alvo.
- definição de um método de visualização de referência para aplicações móveis que necessitem de visualizar dados de oceanografia operacional.

Atualmente, o protótipo permite observar que, através da aplicação das técnicas propostas, conjugada com uma combinação de transparência, é possível a representação de múltiplas variáveis (vento, temperatura, altura, período e direção da onda) assegurando a não sobreposição de propriedades visuais e, deste modo, a leitura e extração de conhecimento pretendida.

Agradecimentos

Este trabalho é financiado por Fundos FEDER através do Programa Operacional Fatores de Competitividade – COMPETE e por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projeto 0520_RAIA_CO_1_E.

REFERÊNCIAS

- AGBM, (2014). Australian Government Bureau of Meteorology, Marine Wind Forecast, Fevereiro 2014. Disponível em <http://www.bom.gov.au/marine/wind.shtml>, acedido em 6 de Fevereiro de 2014.
- Bartram, L. and Ware, C., (2002). Filtering and Brushing with Motion. *Information Visualization*, 1(1): 66-79.
- Beccario, C., (2014). Earth Wind Map, Fevereiro 2014. Disponível em <http://earth.nullschool.net>, acedido em 7 de Fevereiro de 2014.
- Douglass, S. L. (1990). Influence of wind on breaking waves. *Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering*, 116(6): 651-663.
- Fowler, D., and Ware, C., (1989). Strokes for Representing Univariate Vector Field Maps. *Proc. Graphics Interface*, pp. 249-253.
- Gartner (2013). Worldwide Smartphone Sales to End Users by Operating System in 3Q13, Fevereiro 2014. Disponível em <http://www.gartner.com/newsroom/id/2623415>, acedido a última vez a 11 de Fevereiro de 2014.
- Healey, C. G., Booth, K. S. and Enns, J. T., (1993). Harnessing preattentive processes for multivariate data visualization. In *Proceedings Graphics Interface'93*. Canadian Information Processing Society, pp. 107-117.
- Healey, C. G., Booth, K. S. and Enns, J. T., (1996). High-speed visual estimation using preattentive processing. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 3(2): 107-135.
- Hidrográfico (2014). Instituto Hidrográfico da Marinha de Portugal. Previsão de Surf Zona do Porto, Fevereiro 2014. Disponível em <http://www.hidrografico.pt/previsao-surf-porto.php>, acedido em 6 de Fevereiro de 2014.
- Pilar, D. H. F. and Ware, C., (2013). Representing Flow Patterns by Using Streamlines with Glyphs. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(8): 1331-1341.
- Ware, C., Mitchell, P., and Kelley, J., (2009a). Investigating flow visualizations using interactive design space hill climbing. *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*. SMC 2009.
- Ware, C., (2009b). Quantitive texton sequences for legible bivariate maps. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 15(6): 1523-1530.
- Ware, C. and Plumlee, M., (2012). Designing a better weather display. In *IS&T/SPIE Electronic Imaging*. International Society for Optics and Photonics, 201: pp. 829409-829409.

Anexo C

Poster

Em anexo, apresenta-se o seguinte poster, com o título “Visualização de Dados Oceanográficos em Dispositivos Móveis”, apresentado nas 3.^{as} *Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, promovidas pelo Instituto Hidrográfico, decorridas em Lisboa, entre 24 e 26 de junho de 2014

Visualização de Dados Oceanográficos em Dispositivos Móveis

R. Gomes, A. Carvalho, M. A. Oliveira

1. CONTEXTO

O presente trabalho surge no âmbito do estudo de uma solução de visualização de informação produzida no contexto da oceanografia operacional para dispositivos móveis, que necessita de disponibilizar ao utilizador a capacidade de visualizar dados científicos complexos (multivariáveis com natureza espaço-temporal) de uma forma integrada, expedita e que promova a fácil leitura da informação apresentada, nomeadamente para a visualização dos resultados de modelos de previsão de condições meteorológicas e das ondas formadas por ação do vento bem como a sua evolução no espaço e no tempo.

Este trabalho materializa-se num protótipo funcional de uma aplicação móvel, que visa a possibilidade de serem realizados testes por utilizadores finais e outros stakeholders, de modo a aferir a eficácia da solução de visualização de informação e a sua integração numa aplicação final.

2. PROBLEMA

A visualização de informação em dispositivos móveis é severamente limitada pelas características físicas, a destacar:

- a reduzida dimensão da área de visualização e interação;
- a capacidade de processamento e de armazenamento.

Adicionalmente, os produtos de previsão de condições meteorológicas e oceanográficas são exigentes relativamente à transferência de dados, devido à multiplicidade de variáveis existentes e da sua correlação, o que torna indispensável a sua representação simultânea.

A natureza espacial e temporal dos dados torna também necessária uma visualização integrada, no sentido de maximizar a extração visual de conhecimento. Identificou-se um desafio ao nível da visualização científica, em dispositivos móveis, de resultados de oceanografia operacional que integrem múltiplos temas e que potencie a interpretação e análise visual dos resultados.

3. ESTADO DA ARTE

Foi realizado um levantamento das técnicas e soluções de representação visual de informação mais utilizadas na área da oceanografia operacional. Na representação visual foram identificados conjuntos de técnicas relativas à representação de temperaturas, intensidades e direcções (ventos e correntes), alturas e períodos (ondas), entre outras consideradas menos relevantes no âmbito deste trabalho.

3.1 Vento

Para representar o vento é essencial evidenciar na visualização dois dos seus atributos: a sua intensidade, que se traduz num valor escalar, e a sua direcção, que pode ser representada vectorialmente. Para representar este fenómeno foram já propostas várias técnicas, tais como: vetores, mapa de cores, fluxos e wind barbs.

3.2 Temperatura

Nas técnicas de visualização científica, a temperatura é vulgarmente representada por mapa de cores, sendo a forma de visualização mais utilizada tanto ao nível da meteorologia como da oceanografia. A codificação de valores de temperatura é realizada através de uma escala contínua (gradientes) de cores. É frequentemente associada cores "frias" (tons de azul) a temperaturas baixas, e cores "quentes" (tons de vermelho) a temperaturas mais elevadas.

3.3 Altura, período e direcção das ondas

A altura, período e direcção das ondas são outros fenómenos relevantes para a caracterização dos oceanos. Para estas variáveis, a forma mais comum de representar é: (a) através de mapa de cores, para a altura das ondas; (b) flechas para a direcção das ondas; e (c) texto para o período das ondas. Estas variáveis podem ser representadas de uma forma não integrada. No entanto, esta abordagem compromete a correlação espaço-temporal entre as variáveis. Se duas ou mais variáveis podem ser combinadas numa só imagem, o mapa resultante pode simplificar a comparação e inter-relação dessas variáveis, assumindo que as variáveis em questão conseguem ser percebidas independentemente.

3.4 Processamento Visual Pré-Atentivo

A utilização de elementos pré-atentivos no modelo de visualização de informação pode ser uma ferramenta muito útil para a organização de elementos gráficos de forma garantir uma procura visual imediata de determinado alvo. A orientação, cor, forma e tamanho são elementos que podem ser exploráveis, permitindo que determinadas variáveis sejam representadas. Uma tarefa de pesquisa visual é pré-atentiva quando consegue ser realizada sobre a visualização de um grande número de elementos, em tempos inferiores a 200 milissegundos. De salientar que o tempo associado à pesquisa visual é independente do número de elementos visuais que estão a ser apresentados. No exemplo da Figura 1, estas características são exploradas para detectar um círculo preenchido. Pode-se observar que a partilha, na Figura 1 b), de características comuns entre o elemento alvo e os elementos distratores, dificulta a sua detecção.



Figura 1: Tarefas de detecção

4. CONCLUSÕES

O presente estudo encontra-se em fase de avaliação de resultados. Para este efeito encontra-se desenvolvido um protótipo funcional que será usado por utilizadores finais e stakeholders, com o objetivo de aferir a eficácia da solução de visualização científica proposta. Tem-se como hipótese deste estudo que a aplicação de métodos de visualização de dados multivariáveis e de métodos de cognição visual pré-atentiva possibilitem uma maior acumulação de dados numa área de representação limitada, como a dos dispositivos móveis, conseguindo de forma eficaz a extração visual de conhecimento. Para validar a hipótese apresentada definiram-se os seguintes objetivos, que devem ser cumpridos:

- visualização integrada de dados oceanográficos espaço-temporais multivariáveis adaptada às limitações inerentes dos dispositivos móveis;
- maximização da eficiência na representação de dados e eficácia na extração de conhecimento pelo público-alvo;
- definição de um método de visualização de referência para aplicações móveis que necessitem de visualizar dados de oceanografia operacional.

Atualmente, o protótipo permite observar que, através da aplicação das técnicas propostas, conjugada com uma combinação de transparência, é possível a representação de múltiplas variáveis (vento, temperatura, altura, período e direcção da onda) assegurando a não sobreposição de propriedades visuais e, deste modo, a leitura e extração de conhecimento pretendida.

Agradecimentos

Este trabalho é financiado por fundos FEDER através do Programa Operacional Fatores de Competitividade – COMPETE e por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projeto 0520_RAIA_CO_1_E. Ao Instituto Hidrográfico pelo apoio prestado e pelos dados disponibilizados.

3. VISUALIZAÇÃO DE DADOS DE OCEANOGRAFIA OPERACIONAL

Na sequência da apresentação do problema abordado, a Figura 2 ilustra a solução proposta para responder às necessidades de visualização integrada de dados oceanográficos espaço-temporais multivariáveis em dispositivos móveis.

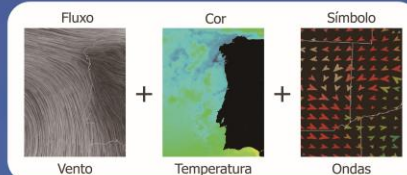


Figura 2: Ilustração da hipótese proposta, uma combinação de diferentes representações de fluxo, cor e símbolo.

A Figura 3 apresenta uma comparação entre o método de visualização clássico (imagens superiores) e o método de visualização proposto (imagens inferiores).

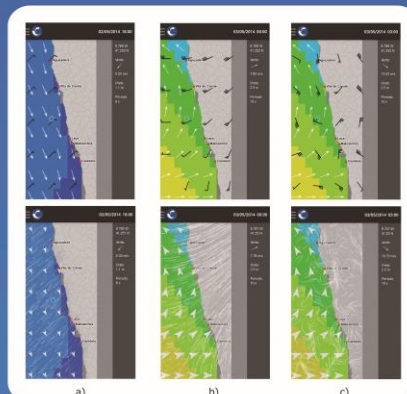


Figura 3: Visualização proposta com uma combinação de fluxo, cor e símbolos, para três conjuntos de dados diferentes.

Utilizou-se combinações de fluxo, de cor, de símbolos e de texto. O fluxo está associado à representação do vento, tanto na sua intensidade como direcção, onde o efeito é conseguido através do recurso à animação. A mesma técnica poderia ser aplicada a outros fenómenos como, por exemplo, correntes. Nesta solução, previa-se associar o uso da cor à temperatura à superfície da água, através do uso de um mapa de cores com uma escala própria associada. No entanto, perante não se ter conseguido obter os dados necessários, está-se a representar duplamente a altura da onda na visualização proposta. Para a representação da altura e direcção das ondas é utilizada a representação com recursos ao símbolos. A Figura 3 a) retrata uma visualização com dados reais, fornecidos através do Instituto Hidrográfico. As Figuras 3 b) e 3 c) representam um conjunto de dados criado para ilustrar as potencialidades da combinação destas técnicas.

O protótipo implementado permite associar variáveis a diferentes técnicas de visualização possibilitando a comparação imediata dos resultados da aplicação dessas técnicas a uma estratégia de visualização. Adicionalmente à representação gráfica obtida através das estratégias de visualização, é possível consultar os valores das variáveis representadas em qualquer do ponto do mapa, num formato de texto, como representado na barra lateral direita das imagens da Figura 3.

5. ZONA GEOGRÁFICA DE ANÁLISE

Para este estudo utilizou-se a zona costeira do Porto, Portugal, delimitada pelas coordenadas geográficas: 8.9° W a 8.6° W de longitude e 41.0° a 41.5° de latitude (WGS84). Foram usados dados fornecidos pelo Instituto Hidrográfico, resultantes da execução dos modelos numéricos WW3 e SWAN, que permitem analisar as ondas formadas por ação do vento e a sua evolução no espaço e no tempo. Adicionalmente, foram também criados um conjunto de dados fictícios para comparação na mesma área geográfica.



Referências

- [BC13] Stefano Burigat and Luca Chittaro. 2013. On the effectiveness of Overview+Detail visualization on mobile devices. *Personal and Ubiquitous Computing*, 17(2): 371-385.
- [Bec14a] Cameron Beccario. Earth Wind Map, Fevereiro 2014. Disponível em <http://earth.nullschool.net>, acessado a última vez a 7 de Fevereiro de 2014.
- [Bec14b] Cameron Beccario. Earth Wind Map, Fevereiro 2014. Disponível em <http://earth.nullschool.net/#current/wind/surface/level/overlay=off/orthographic=-21.16,42.65,1328>, acessado a última vez a 7 de Fevereiro de 2014.
- [Bec14c] Cameron Beccario. Earth Wind Map, Junho 2014. Disponível em <http://earth.nullschool.net/#2014/06/09/0900Z/wind/surface/level/orthographic=-10.97,39.82,3000>, acessado a última vez a 9 de Junho de 2014.
- [Bec14d] Cameron Beccario. Earth Wind Map, Junho 2014. Disponível em <http://earth.nullschool.net/#2014/06/08/1200Z/wind/surface/level/overlay=off/orthographic=-32.81,48.49,665>, acessado a última vez a 9 de Junho de 2014.
- [BW02] Lyn Bartram and Colin Ware. 2002. Filtering and Brushing with Motion. *Information Visualization*, 1(1): 66-79.
- [CAM⁺08] Maria Beatriz Carmo, Ana Paula Afonso, Paulo Pombinho de Matos and Ana Vaz. 2008. MoViSys – A Visualization System for Geo-Referenced Information on Mobile Devices. In: *Visual Information Systems. Web-Based Visual Information Search and Management*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 167-178.
- [Che06] Chaomei Chen. 2006. *Information visualization: Beyond the horizon*. Springer Science & Business, p. 182.
- [Chi06] Luca Chittaro. 2006. Visualizing information on mobile devices. *Computer*, 39(3): 40-45.

- [Dev14] Android Developers. Animation and Graphics Overview, Junho 2014. Disponível em <http://developer.android.com/guide/topics/graphics/overview.html>, acessado a última vez a 12 de Junho de 2014.
- [Dou90] Scott L. Douglass. 1990. Influence of wind on breaking waves. *Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering*, 116(6): 651-663.
- [Few04] Stephen Few. 2004. Tapping the Power of Visual Perception. In *Intelligent Enterprise*. Perceptual Edge.
- [FW89] David Fowler and Colin Ware. 1989. Strokes for Representing Univariate Vector Field Maps. *Proc. Graphics Interface*, pp. 249-253.
- [Gar13] Gartner. Worldwide Smartphone Sales to End Users by Operating System in 3Q13, Fevereiro 2014. Disponível em <http://www.gartner.com/newsroom/id/2623415>, acessado a última vez a 11 de Fevereiro de 2014.
- [HBE93] Christopher G. Healey, Kellogg S. Booth and James T. Enns. 1993. Harnessing preattentive processes for multivariate data visualization. In *Proceedings Graphics Interface '93*. Canadian Information Processing Society, pp. 107-117.
- [HBE96] Christopher G. Healey, Kellogg S. Booth and James T. Enns. 1996. High-speed visual estimation using preattentive processing. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 3(2): 107-135.
- [HE98] Christopher G. Healey and James T. Enns. 1998. On the Use of Perceptual Cues & Data Mining for Effective Visualization of Scientific Datasets. In *Graphics Interface*, 98: 177-184.
- [LDM⁺01] David H. Laidlaw, J. Scott Davidson, Timothy S. Miller, Marco da Silva, R.M Kirby, William H. Warren, Michael Tarr. 2001. Quantitative comparative evaluation of 2D vector field visualization methods. In *Proceedings of the conference on Visualization '01*. IEE Computer Society, pp. 143-150.
- [Lib14] Libgdx. Goals and Features, Junho 2014. Disponível em <http://libgdx.badlogicgames.com/features.html>, acessado a última vez a 11 de Junho de 2014.
- [Met14] Australian Government Bureau of Meteorology. Marine Wind Forecast, Fevereiro 2014. Disponível em <http://www.bom.gov.au/marine/wind.shtml>, acessado a última vez a 6 de Fevereiro de 2014.
- [MGS08] Aaftab Munshi, Dan Ginsburg and Dave Shreiner. 2008. *OpenGL ES 2.0 programming guide*. Pearson Education, pp. 1-3.

- [Por14] Instituto Hidrográfico da Marinha de Portugal. Previsão de Surf Zona do Porto, Fevereiro 2014. Disponível em <http://www.hidrografico.pt/previsao-surf-porto.php>, acessido a última vez a 6 de Fevereiro de 2014.
- [Pra00] David Prandle. 2000. Introduction: Operational oceanography in costal waters. *Coastal Engineering*, 41(1-3): 3-12.
- [Pru09] Chris Pruett. 2009. Writing real time games for Android. *Vortag Google IO*.
- [PW13] David H.F. Pilar and Colin Ware. 2013. Representing Flow Patterns by Using Streamlines with Glyphs. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(8): 1331-1341.
- [Sci14] NASA Science. Physical Ocean Temperature, Fevereiro 2014. Disponível em <http://science.nasa.gov/earth-science/oceanography/physical-ocean/temperature/>, acessido a última vez a 9 de Fevereiro de 2014.
- [SI05] Haleh. H. Shenass and Victoria Interrante. 2005. Compositing color with texture for multi-variate visualization. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques in Australasia and South East Asia* (GRAPHITE '05). ACM, New York, NY, USA, pp. 443-446.
- [Tri85] Anne Triesman. 1985. Preattentive processing in vision. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 31: 156–177.
- [War08] Colin Ware. 2008. Toward a perceptual theory of flow visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 28(2): 6-11.
- [War09] Colin Ware. 2009. Quantitative texture sequences for legible bivariate maps. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 15(6): 1523-1530.
- [WMK09] Colin Ware, Peter Mitchell and John Kelley. 2009. Investigating flow visualizations using interactive design space hill climbing. *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*. SMC 2009.
- [WP12] Colin Ware and Matthew Plumlee. 2012. Designing a better weather display. In *IS&T/SPIE Electronic Imaging*. International Society for Optics and Photonics, 201: pp. 829409-829409.
- [YLS10] Bin Yan, Shang-An Li and Song-Zhi Su. 2010. Shape context with bilinear interpolation. In *2nd International Conference on Signal Processing Systems (ICSPPS)*, 2: 442-446.